

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-138279

(43)Date of publication of application : 22.05.2001

(51)Int.Cl.

B25J 17/00

B25J 9/10

B25J 13/00

G05B 19/18

(21)Application number : 11-319334

(71)Applicant : NATL AEROSPACE LAB

(22)Date of filing : 10.11.1999

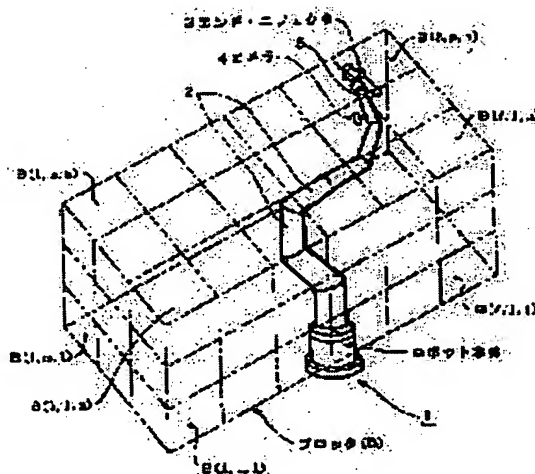
(72)Inventor : OKAMOTO OSAMU  
NAKATANI TERUOMI  
KAMIMURA HEIHACHIRO  
YAMAGUCHI ISAO

## (54) ARTICULATED ROBOT AND ITS CONTROLLING METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high-functional articulated robot having an offset rotary joint of small and light construction and bearing a high torque and capable of making complicated and precise motions with a high payload, whereby track preparation can be made simply and smooth operations with quick response be performed even of the required motions are complicated.

**SOLUTION:** A high reduction ratio transmitting and torque increasing mechanism is adopted to a rotation transmitting mechanism provided inside each joint of an offset rotary joint so that adoption of a small-sized motor is made practicable, and motion region of an end effector 3 is divided into a plurality of blocks B and the motion conditions of each joint required to make movement to the specified block are turned in database block while the instruction of working points in the specified block region is turned in database, and track preparation is made in the basis of the block region data till the block of the working region, and when the reference point of the block is attained, the intra-block working point data is called and the motion of each joint is decided.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 10.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3326472

[Date of registration] 12.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the articulated robot which has an offset revolution joint with the control method of an articulated robot and an articulated robot, and its control method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the articulated robot which has the offset revolution joint which has axis of rotation in which the joint carried out predetermined angle dip with the link axis is proposed (for example, the PCT international disclosure WO 88/No. 03856 official report). By a follower side arm making the intersection of an arm axis and offset axis of rotation top-most vertices, it is the structure of whenever [ offset angle ] which carries out cone rotation, and by preparing two or more these offset revolution joints, it is the easy device of only rotation and, as for this offset revolution joint, precise three-dimensions positioning can do an end effector in the extensive movable range. And since it is only an axial revolution, precise point-to-point control is easily possible, and there is an advantage which can tell torque big moreover. Moreover, by connecting many arms at an offset revolution joint, a motion like a snake can be carried out for the whole arm, an end effector can be moved in a complicated activity path, and it is possible to carry out the motion which the conventional articulated robot does not have.

[0003] However, if many arms are connected in order to realize the above-mentioned function effectively, the self-weight of the arm itself will become heavy, the pay load of an end effector decreases, there are problems, like a heavy load activity becomes difficult, and the offset revolution joint which can acquire high torque by lightweight small more is demanded.

[0004] On the other hand, although the off-line teaching by the remote teaching method with the direct teaching method, a joy stick, etc., a numeric data input, etc. is known for the conventional robot system as a location and a method of teaching attitude information, these instruction is the ways a robot teaches directly or indirectly the point on the locus from a starting point to a target position in detail. And the controlled variable of the motor arranged in between the taught working points at each joint in order to move a robot as a directions path was calculated, the orbit was generated, and the controlled variable is given to each motor as a command value. Therefore, by the robot of many joints, while it is difficult to teach in the case of complicated trajectory generation, count of trajectory generation becomes intricately huge, the load of a computer increases, and a speed of response becomes slow, consequently there is a problem of a smooth motion becoming impossible.

[0005] There was combination of a motion of each joint innumably, and since trajectory generation was complicated, by the conventional robot's method of controlling, the speed of response could not but become slow moving an end effector from a starting point to a target position especially in the case of the articulated robot which has an offset revolution joint as mentioned above.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention can be originated in view of the above-

mentioned actual condition, the place made into the object can adopt a smaller drive motor, and stronger running torque can be told, and positioning of high degree of accuracy can be performed, the offset revolution joint of high torque is obtained more by the small light weight, and a pay load is by connecting [ multistage ] this offset revolution joint to offer the highly efficient articulated robot which does the complicated precise motion with a movable range it is large and wide and.

[0007] Moreover, without needing complicated data processing each time, even if it is the articulated robot which has the end effector which carries out the above complicated motions, trajectory generation to a target position can be performed simply, and even if it is a complicated motion, the 2nd carries out the object of offering the control method of the articulated robot which enables a speed of response to be able to work smoothly early.

[0008]

[Means for Solving the Problem] An articulated robot of this invention for attaining the above-mentioned technical problem In an articulated robot which has at least two or more offset revolution joints by which revolution actuation is carried out at the circumference of offset axis of rotation toward which a driving-side arm and a follower side arm inclined to an arm axis By motor, incline at the head of an arm of either a driving-side arm or a follower side arm by whenever [ predetermined offset angle ], and the hollow axis of rotation by which revolution actuation is carried out is prepared in it free [ a revolution ]. The Rota member which has turning effort transmitted by arm end face of another side from said hollow shaft is fixed, and it is characterized by said hollow axis of rotation and said Rota member serving as high reduction gear ratio transmission and an increment device in torque.

[0009] As said high reduction gear ratio driving mechanism, although a harmonic-drive device can apply suitably, it cannot restrict to this and other planetary gear reduction styles, special tooth form reducer styles, etc. can be applied. Moreover, by telling turning effort from a motor to the hollow axis of rotation by engagement with external-tooth bevel gear fixed to an output shaft of a motor, and internal-tooth bevel gear fixed to a end face of said hollow axis of rotation, within an arm, a motor can be arranged so that axis of rotation may serve as an arm axis, coincidence, or parallel, a path of an arm can be made small, and it is desirable. Moreover, a driving mechanism from said motor to the hollow axis of rotation can also adopt belt transmission which consists of a timing belt which constructed between a pulley fixed to an output shaft of a motor, a pulley fixed to a end face of said hollow axis of rotation, pulley, and said pulley, and was passed.

[0010] Constituting in case one apparatus so that a case may become a part of arm about said motor, and by considering as a motor with a brake which was united with an encoder and a tachometer, anchoring assembly to an arm main part is easy, and menthene NANSU is also easy assembly. Moreover, an arm can be held in a predetermined location, without needing a special brake gear. Furthermore, by making an output side and a reverse side shaft edge of a motor shaft project, and preparing a manual revolution controller in a lobe, angle adjustment at the time of assembly can be performed manually, and an assembly becomes easy.

[0011] A control method of an articulated robot of this invention which attains the 2nd object of the above While dividing an active region of an end effector into two or more Brock and putting in a database for every Brock by using an operating condition of each joint required to move to predetermined Brock as the Brock field data Instruction of the activity point in a predetermined Brock field is put in a database as activity point data in Brock. If Brock of a working area is chosen beforehand, when an operating condition of each joint is determined by the Brock field data by which call appearance was carried out from said data base, and said joint drives so that these conditions may be fulfilled, an end effector will be moved to said selected Brock's reference point. And if Brock's selected origin/datum is arrived at, it will be characterized by calling said activity point data in Brock, and opting for actuation of each joint. Therefore, since a complicated operation which coordinates a motion of each joint with a motion of an end effector, and determines an orbit is not performed, the amount of data processing can be reduced exceptionally and speed-ization can be attained.

[0012] It is also possible to put only either in a database although it is more accelerable by this invention's also putting activity point data in the Brock field in a database with the Brock field data as

mentioned above, and controlling combining both. Each joint compares with a current condition of operation the Brock field data given from said data base and each joint operates independently in juxtaposition by performing motor control independently so that said Brock field data may be filled to move an end effector to the predetermined Brock field. What is necessary is just to combine two or more Brock, when crossing to a working-area wide area.

[0013] Since a load of a computer is made to mitigate and it enables it to correspond to improvement in the speed when carrying out a complicated motion to which an arm surged an articulated robot, moreover, in this invention While a joint control means stored in each joint is independently connected with a central controller which controls a motion of the whole robot, respectively A network was constituted so that between each joint control unit could exchange immediate data, and while being able to carry out the parallel control of each joint, it enabled it to send angle information on a direct joint to a joint which adjoins at the time of a complicated motion.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained to details based on a drawing. Drawing 1 shows the schematic diagram of the articulated robot of this invention. While many arms 2 are connected at an offset revolution joint, and a motion [ like a snake ] whose robot arm itself is is possible for the articulated robot 1 of this invention and being able to move an end effector 3 with 6 flexibility in three-dimension space, the sense can also be freely moved in three dimension. In addition, while the articulated robot of this operation gestalt has the joint camera 4 suitably as a configuration discernment sensor, the plinth camera is also installed if needed. the head arm 5 which is supporting the end effector 3 -- free -- telescopic motion -- and it is formed pivotable. Moreover, the revolution joint and shaft-orientations flexible joint which do not have an offset angle between the arms connected at the offset revolution joint if needed may be prepared suitably.

[0015] One operation gestalt of the offset revolution joint of the articulated robot of this invention is shown, and the main structural feature is in the following point.

\*\* The high slowdown and the torque buildup device in which it had a breakthrough were adopted as actuation driving mechanism of a joint, and precise slowdown transmission without an increment and backlash of torque was enabled.

\*\* The external-tooth bevel-gear-internal-tooth bevel-gear device or the belt transmission device was further adopted as turning-effort transmission from the motor to a high slowdown and torque buildup device of the joint section, while aiming at high slowdown and torque buildup more, it made it possible to form a motor in same axle in an arm, and cutback-ization of the diameter of an arm was attained.

\*\* It attained the miniaturization while the motor carried out unitization of the sensor means of each joint, and the control means to a motor and one as the motor case formed a part of arm, while uniting with an encoder, the slip ring, and a tachometer, and it simplified anchoring to an arm. Furthermore, the breakthrough was prepared in the motor shaft.

\*\* By preparing the slip ring also in the output shaft of the joint section, the free roll control method which does not take a hand of cut into consideration carried out adoption possible, and easy-ization of a roll control was attained.

\*\* By making a motor shaft project from the slip ring, and enabling it to rotate a motor shaft manually at the time of assembly, as accommodation of gear-tooth doubling at the time of assembly etc. was completed easily, easy-ization of assembly was attained.

\*\* The signal line and power line which transmit a control signal and power to each joint and an end effector were devised so that the interior of an arm and a revolution joint could be penetrated and arranged and these signal lines or power lines might not be damaged by the driving mechanism of a revolution joint.

[0016] Hereafter, drawing 2 explains the concrete configuration of the offset revolution joint which has the above-mentioned focus. Drawing 2 The shown offset revolution joint shows the condition that are the case where use a cylinder-like hand arm as the driving-side arm 6, and the hand arm is being used as the follower side arm 7 so that it may be shown, and the follower side arm is connected [ drawing 1 ] at the offset revolution joint of offset angle gamma to the arm axis of a driving-side arm. The head of arm

main part 6a of the driving-side arm 6 serves as right-angled right-angle opening at the axis, the end face of a follower side arm serves as dip opening of the tilt angle  $\gamma$  to the arm axis, and the offset revolution joint assembly is prepared in right-angle opening and dip opening.

[0017] The joint revolution driving mechanism section 9 fixed to driving-side arm point 6b by which the offset revolution joint assembly in this operation gestalt was fixed at the motor unit 8 and this head of a motor unit, and this driving-side arm point is assembled by one. A head side is formed in dip opening by right-angle opening, as for driving-side arm point 6b, a end face side carries out the bearing of the motor shaft head to right-angle opening, and the joint revolution driving mechanism section 9 is being fixed to dip opening.

[0018] Motor case 10 the very thing constitutes the configuration for a part of driving-side arm by the motor unit's 8 having the motor case 10 where it has an arm and a diameter of said, and carrying out connection immobilization of the vertical edge of this motor case like a graphic display with driving-side arm 6a and driving-side arm point 6b, and unifying. The motor unit 8 consists of the motor 11 formed in said motor case 10 and one apparatus, an encoder 12, the slip ring 13, and a tachometer (not shown), and it is prepared so that the motor shaft 14 may be located on the same axis as an arm axis, or parallel lines.

[0019] Positive counterrotation small control motors of arbitration, such as a DC servo motor, an AC servo motor, a direct-drive motor, or a pulse motor, can be used for a motor 11. It is formed in the hollow shaft which has a breakthrough 15, and, as for the motor shaft 14, a signal line and a power line can penetrate the interior now. From the motor case, the exumbrella gearing 17 with which the breakthrough which is open for free passage to the breakthrough of the motor shaft 14 was formed is fixed to a projection and a point, and bearing of the revolution of the end face section and the point of the motor shaft 14 is made free to them at the end face side of driving-side arm point 6b. Moreover, the revolution knob 16 is fixed to the end face section of the motor shaft 14, and it has come to be able to free angle accommodation of an offset revolution joint manually at the time of assembly.

[0020] The joint revolution driving mechanism section 9 consists of the stator section which is a driving side, and the Rota section which is a follower side, the stator section is connected with driving-side arm point 6b, and the Rota section is connected with the follower side arm 7. And a harmonic-drive device is constituted and turning effort is told to a follower side with a high reduction gear ratio from a driving side so that it may explain in full detail below in the stator section and the Rota section.

[0021] It is fixed to driving-side arm point 6b used as dip opening, and the stator housing 20 makes free bearing of the revolution of the cylinder shaft 21 with which the breakthrough 22 was formed in the center section through the bearing 23. Bearing of the revolution of the point of this cylinder shaft 21 is made free also to the Rota housing 30 through the bearing 26. Therefore, as for this cylinder shaft 21, only offset angle  $\gamma$  will incline to a driving-side arm axis. The internal-tooth bevel gear 24 which mesh with the external-tooth bevel gear 17 attached in said motor shaft are being fixed to the end face side of the cylinder shaft 21.

[0022] Moreover, the bearing flange 31 from which a peripheral face constitutes an elliptical cam is formed in the upper part of the cylinder shaft 21, and the bearing 27 is formed between this bearing flange peripheral face and the upper bed section inner skin of the input gear member 32 fixed to said stator housing 20. As the input gear member 32 is shown in drawing 2, it is formed in the shape of [ from which the soffit section is the mounting-flange section 33 ] a cylinder, and the cylindrical shell section 34 is formed by the metal material in which elastic deformation is possible, and the external tooth 35 is formed in the upper bed section peripheral face.

[0023] On the other hand, while the output gear member 37 in which the internal tooth 36 which gears with said external tooth 35 is formed is fixed to inner skin by the Rota housing 30 and bearing of the revolution of this output gear member is made free to the stator housing 20 through the ring member 38 and the bearing at it, the upper bed section is being fixed to the follower side arm through Rota housing. Many (for example, two sheets) numbers of teeth are formed from the external tooth 35 of the input gear member 32 which carries out elastic deformation, and the internal tooth 36 of the output gear member 37 is with the cylinder shaft 21, the input gear member 32, and the output gear member 7, and constitutes

the harmonic-drive device in which turning effort is transmitted with a large reduction gear ratio.

[0024] The slip ring 40 is formed also between the crowning of the cylinder shaft 21, and the Rota housing 30 (output gear member 37), and it could be made to perform the free roll control which does not take a hand of cut into consideration. Moreover, when it attaches in the joint section between said arms, a proper seal means is attached in the revolution contact section, and the seal of drawing inside a robot arm is in the joint revolution driving mechanism section 9 so that the foreign matter of gas, or water and others may not invade into the space section inside an arm from the exterior through the revolution contact section. In addition, 43 in drawing is the protection cylinder of the shape of a trumpet fitted in and prepared in the breakthrough of the internal-tooth bevel gear 24, in order to protect so that the signal line which penetrates the internal-tooth bevel gear 24 may not be damaged. Moreover, although not illustrated, the revolution home position detection sensor is formed between the input/output shaft at the harmonic-drive device.

[0025] If the joint revolution driving mechanism section 9 is constituted as mentioned above, and constitutes an offset revolution joint assembly for the motor unit 8 and driving-side arm point 6b by assembly \*\*\*\*\* in one, it assembles it beforehand and it is set for every joint, since it should just carry out sequential connection of a driving-side arm and the follower side arm through this offset revolution joint assembly on the occasion of an articulated robot's assembly, it is easy an assembly. Moreover, since what is necessary is just to exchange this offset revolution joint assembly when an offset revolution joint breaks down, a maintenance is also easy. In addition, on the occasion of the assembly of an arm, connection on the follower side arm of the joint revolution driving mechanism section 9 can be performed by fixing the output gear member 37 to the follower side articular disk 42 by which dip opening immobilization of the follower side arm 7 is carried out through the Rota housing 30 like direct or a graphic display.

[0026] By attaching as mentioned above, axis of rotation of the joint revolution driving mechanism section 9 will do angle gamma dip of to the arm axis LA of the driving-side arm 6. Consequently, gamma becomes whenever [ offset angle ] whenever [ tilt-angle ], and gamma will carry out cone rotation of the follower side arm 7 whenever [ offset angle ] by making the intersection of the offset axis of rotation LB and the arm axis LA into top-most vertices. Therefore, a very complicated motion of three dimensions can be carried out only in the combination of rotation by combining two or more these offset revolution joints.

[0027] Next, actuation of the joint revolution driving mechanism section 9 constituted as mentioned above is explained. Actuation of a motor 11 rotates the cylinder shaft 21 with a predetermined rotational speed through the external-tooth bevel gear 17 and the internal-tooth bevel gear 24. In that case, by making the internal-tooth bevel gear 24 into path size, it can slow down according to a diameter ratio, and big torque can be generated by the small motor. And since it is engagement of bevel gear, neither a slide nor backlash is also almost and it can transmit correctly and calmly. When the cylinder shaft 21 rotates, the major-axis section peripheral face of the elliptical bearing flange 31 currently formed in the peripheral face of this cylinder shaft pushes the cylindrical shell section 34 of the input gear member 32 according to a cam operation through a bearing 27. Thereby, the cylindrical shell section 34 of the input gear member 32 carries out elastic deformation, and an external tooth 35 gears with the internal tooth 36 of the output gear member 37. therefore, the time of the engagement position of an internal tooth and an external tooth carrying out sequential change along with a revolution of a cylinder shaft, and a cylinder shaft rotating one time -- the output gear member 37 -- a number of teeth with an input gear member -- only difference will rotate. Therefore, if the number of teeth of an input gear is set to  $Z_i$  and the number of teeth of an output gear member is set to  $Z_o$ , a reduction gear ratio serves as  $(Z_o - Z_i)/Z_o$ , and can obtain a big reduction gear ratio.

[0028] Therefore, in addition to the aforementioned external-tooth bevel-gear-internal-tooth bevel-gear driving mechanism, a big reduction gear ratio can be further obtained according to a harmonic gear device, and bigger running torque can be obtained by the small motor. This is that which can attain lightweight-ization for a robot's joint, and is dramatically advantageous as a robot's joint device. Moreover, since a motor is made in agreement with an arm axis and can always be attached regardless



of whenever [ offset angle ] by adopting an external-tooth bevel-gear-internal-tooth bevel-gear driving mechanism, it is not necessary to enlarge the diameter of the arm of the joint section, and can constitute in the shape of [ narrow diameter ] a pipe as the whole multi-joint arm, and a self-weight can be decreased.

[0029] Moreover, since said reducer style gears by the elastic deformation of the cylindrical shell section of an output gear member, there are many simultaneous engagement numbers of teeth, the effect of the rotational accuracy on a dental pitch error is equalized, and high rotational accuracy is acquired. Therefore, it is effective also as a joint of the robot which high positioning accuracy is conjointly acquired more with an offset revolution joint device, and requires a very precise motion. Furthermore, the rolling contact is not carried out, and since peripheral speed is also low, a gear tooth and a gear tooth are dramatically quiet, and there are also few oscillations. Therefore, it is quiet, and a motion of high degree of accuracy requires for example, is suitable as joint devices, such as a care robot. Moreover, since the same joint revolution driving mechanism section also as each joint is adopted, various combination can do the reduction gear ratio of each revolution joint easily only by only changing gear ratio, for example, the joint section near a base side can be suitably combined easily so that it may be made late and the joint section of the portion near an end effector may be carried out early.

[0030] Moreover, since it is a motor with a brake, even if a motor does not form a special actuator, it can hold a revolution location strongly, can continue holding a big load certainly in a predetermined location, and is safe. For example, since brake actuation will be automatically carried out if a revolution of a motor stops by interruption to service etc., while being able to hold the location and being safe, an actuator can be operated like before, it is not necessary to maintain a braking condition, and energy saving can be aimed at. Moreover, since robot arms including a joint can be penetrated in midair from a base to an end effector as mentioned above as the focus with the big offset revolution joint of this operation gestalt and the seal of the revolution sliding surface has been carried out thoroughly, it is able to intercept the centrum inside an arm thoroughly with the exterior.

[0031] Drawing 3 shows other operation gestalten of the offset revolution joint of this invention. The same sign is given to the same member as said operation gestalt, and only a point of difference is explained. With this operation gestalt, the belt transmission device by the timing belt is adopted as a driving mechanism of the joint revolution driving mechanism section from the motor 50. That is, a timing belt 54 is constructed and passed between the pulleys 53 which fixed the synchronous pulley 52 to the output shaft 51 of a motor, and were fixed to the soffit of the cylinder shaft 21, and turning effort is transmitted to it. Therefore, in that case, by making a pulley 53 into path size from a pulley 52, it can slow down according to a diameter ratio, and big torque can be generated by the small motor. And since it is transmission by the timing belt, neither a slide nor backlash is also almost, and it can transmit correctly and calmly.

[0032] In addition, in this example, the driving-side arm is continuing to a point and the motor assembly 57 is being fixed to the motor anchoring housing 56 fixed to the stator housing 55 of the joint revolution driving mechanism section attached in the head opening. Therefore, the motor shaft is attached in parallel with the axis of the cylinder shaft 21 of the joint revolution driving mechanism section. With this operation gestalt, carry out axial connection, synchronize two or more (drawing two pieces) motors, and a motor assembly enables it to make them have operated, and when torque runs short only by one motor, it can acquire big torque only by the small motor by connecting a motor. In addition, 58 is a home position detection sensor.

[0033] Next, the operation gestalt of the control method of the articulated robot of this invention is explained about the articulated robot using the above-mentioned offset revolution joint. Drawing 4 is the block diagram showing the fundamental configuration of the control method of the articulated robot of this invention. The robot system of this operation gestalt consists of a work-plan system A, a manipulator system (the actuation section containing an arm, a joint, an end effector, and the control section that controls these directly is pointed out) B, and an image recognition system C.

[0034] The work-plan system A consists of manual control input devices 73, such as a joy stick or a keyboard, as the object for remote instruction, or an object for manual operation the various data bases

70, the work-plan means 71, the trajectory generation means 72, and if needed. All information and data required for the work plan for making an activity required for a robot do are determined and inputted into the various data bases 70. As information and data required for a work plan, there are gestalt information on an articulated-robot main part (for example, the functional configuration of each joint, the functional configuration of an end effector, etc.), installation information on an articulated-robot main part (operating range of an articulated-robot main part, the camera for image recognition, and a fixed position coordinates, such as an object, and an articulated robot etc.), and an articulated robot's operating instructions (decision information, such as manual operation mode, the program operation mode, and autonomous-working mode). And the Brock field data for every Brock by which Brock instruction was carried out beforehand mentioned later is also stored. Moreover, by ROM-izing the various activity data bases which put in a database various basic work contents, such as an object configuration data base which put the configuration of various kinds of activity objects etc. in a database, an assembly method, and the processing method, various activities can be called from a data base and can be carried out to the object of various configurations.

[0035] The work-plan means 71 teaches the location for making it work to an articulated robot, attitude information, sequence, working condition information, etc., forms a work plan combining information from the information beforehand ROM-ized by various data bases, the information from an image recognition system, or an external input, and teaches it to the trajectory generation section 72. The trajectory generation means 72 calculates the motor of each joint for moving an articulated robot in accordance with the directions path for performing the taught work content, and the controlled variable of an end effector, and orders the manipulator system C them. With this operation gestalt, there are the hand force / torque command, a hand angle command, a hand location command, and a camera field-of-view command as a command from a trajectory generation means.

[0036] A joint torque distribution means 75 by which the manipulator system B determines the joint torque of each joint according to the hand torque command from the trajectory generation means 72, a joint angle count means 76 to calculate the joint angle of each joint based on a hand angle or a hand location command, and the servo motor 80 formed in each joint 79. It consists of a tachometer 81, the joint unit means which consists of encoder 82 grade and the force/torque sensor 87 prepared in the end effector 86, an angle sensor 88, and gravity sensor 89 grade. It served both as the communication link interface shown in drawing 6 mentioned later, said joint torque distribution means 75, and the joint count means 76 at each joint, and it is equipped also with CPU which performs activation and a report of a command; and the joint data base.

[0037] The arm length of each joint beforehand ROM-ized by the joint torque distribution means 75 at the data base, An offset angle, an angle-of-rotation rate constant, many constants of a servo motor, a reduction gear ratio, the constant of a tachometer, The partition law of the joint torque based on the data of each joint proper, such as a control parameter of the constant of an encoder, an angle, and speed, is ROM-ized. The amount of speed control of each joint for realizing a certain fixed time-of-day hand force / torque command sent from the trajectory generation section based on this partition law is determined, and it is sent to juxtaposition at each joint. Similarly, with the joint angle count means 76, the angle of each joint for realizing the hand angle command from a trajectory generation means and a hand location command is calculated, and it is sent to juxtaposition as an angle controlled variable at each joint at each joint.

[0038] At each joint, based on the amount of speed control from a joint torque distribution means, a speed control signal (current control) is sent to a servo motor 80 through a servo amplifier 84 from the speed-control means 85, and revolution actuation of the servo motor of each joint is usually simultaneously carried out in juxtaposition. The rotational speed of a motor is detected by the tachometer 81, and the detection result is fed back to a speed-control means, and is controlled to reach desired value. Moreover, based on an angle controlled variable, the angle control signal from the angle control means of each joint is similarly sent to a servo amplifier 84 from the joint angle count means 76, it is united with said speed control signal, and a servo motor 80 is driven. Angle of rotation of a motor is serially detected by the encoder 82, is fed back to the angle control means 85, and is controlled to reach

desired value.

[0039] Although motion of each arm by revolution of the servo motor of each joint is compounded and an end effector 86 moves, a motion of an end effector 86 is detected by the force / torque sensor 87 prepared in it, an angle sensor 88, and the gravity sensor 89, and it is fed back to the joint torque distribution means 75 and the joint angle count means 76, and the above control is repeated until the motion obtains target torque, an angle, and a location. If a hand's location and angle reach a predetermined value, the activity will be ended, and it moves to the next activity. Then, image detection of a new hand's location and the condition of the neighborhood is carried out with a joint camera and a plinth camera, and it prepares for the next activity.

[0040] The image recognition system C The plinth camera 90, a joint camera (not shown to drawing 4), It consists of camera-control rule generating means 91, such as a camera angle / zoom control which controls a camera based on the command of the trajectory generation means 72, a configuration extract means 92 of the aim to extract a target configuration from a camera image, and a configuration decision means 93 of an object. The magnitude of a configuration is computed, while extracting a three-dimension position coordinate to an articulated robot's installation coordinate and performing fixing of an object based on the comparison (collating) with each joint signal of an articulated robot, each CCD image, and a configuration data base.

[0041] Next, the flow chart which shows the fundamental operations sequence of the articulated robot of this operation gestalt which consists of the above systems to drawing 5 explains. If an activity is started, while calling the initial value of a multi-joint arm, an end effector, and a camera from the various data bases 70, each of a call, a multi-joint arm, an end effector, and a camera is set as a initial value for the configuration of a multi-joint arm, the configuration of an end effector, and the information on a camera system. By that cause, camera lines of sight and an angle of visibility are initialized (step 1), a camera carries out signal processing of a counterpart and the image for the hit of an activity object based on it, and an objective outline configuration is extracted (step 2). As the method of signal processing, binary-izing or the method of multiple-value-izing and extracting an objective outline configuration, the method of connecting the \*\*\*\*\* field of the degree with the same brightness, and extracting an objective field, or the method of connecting the \*\*\*\*\* field of the color of the same degree and extracting an objective field is employable. And an aim is extracted out of the extracted configuration (step 3), the objective outline configuration and objective field configuration which were extracted are collated with the data base in which the configuration of an activity object is stored, and the location and position of an activity object are presumed (step 4). And the obstruction of the bodies other than an activity object is carried out, and the location and position are memorized.

[0042] As mentioned above, presumption of the location and position of an activity object and an obstruction draws up a work plan in a work-plan means based on this presumed signal (step 5). A work plan will determine a hand's terminal location and terminal position based on data, such as the controlling method stored in the data base, or work contents (assembly, processing, welding, trial, etc.) which are taught beforehand and stored in the execution file, if the location and position of an activity object are given. Subsequently, the orbit to a hand's position to starting point location, end point location, and end point position is calculated with the trajectory generation means 72, and a controlled variable is obtained (step 6). Then, a hand orbit is decided to avoid the obstruction obtained from image information, and an orbit is generated.

[0043] As a command required if trajectory generation is made, in order to generate an orbit to an offset revolution joint and an end effector, a hand location command, a hand angle command, and the hand force / torque command are given to the joint angle count means 76 of a manipulator system, and the joint torque distribution means 75 (step 7). By those commands, a hand moves in accordance with an orbit, and the time series value of each joint angle is calculated so that a drawing arm may avoid the obstruction obtained from the image (steps 8 and 9). Based on it, joint speed control of each joint and joint angle control are performed (step 10, step 11), a revolution of a motor is controlled, and it moves in accordance with a joint / end effector orbit.

[0044] if migration is completed -- the force / torque detection of a hand, and gravity detection of a hand

-- carrying out -- step 8 -- feeding back (steps 13 and 14) -- angle detection of a hand is performed and it feeds back to step 9 (step 15). And actuation will be ended, if a hand's location and angle judge whether it became a predetermined value (step 16) and become a predetermined value. When it is not a predetermined value, the control same to step 2 as return is repeated. Since the joint/end effector is moving in that case, a joint camera moves in connection with it, and the new image by migration is given to step 2 (step 17). Similarly, the image of a result which moved is given to step 9 also from a plinth camera (SUTETSU 18).

[0045] Although the above is an articulated robot's fundamental control method in this invention, each joint is an offset revolution joint and the articulated robot of this invention can choose the free sense and free location in three-dimension space of the end effector implementation was difficult the end effector by the three-dimension robot conventional only by each joint carrying out an offset revolution. And it is possible to work also to the activity object in the locations (for example, back of an obstruction etc.) which must pass through a complicated path until it can carry out the motion to which the combination of a motion of each arm surged like a snake, for example, an end effector reaches an activity object. It faces doing a complicated activity taking advantage of this property of the articulated robot of this invention. Like before For example, if the orbit from the starting point of an end effector to a target position is taught for instruction of a working point, and between the taught working point is calculated as a controlled variable of the motor arranged at each joint of an articulated robot and carries out trajectory generation The information on a very huge amount must be processed for every time of day, the load of a computer increases, and there is a trouble that a speed of response becomes slow.

[0046] So, in this invention, in order to cancel the above-mentioned trouble, the network of the \*\* each joint and central computer in the new task teaching method which adopted the \*\* Brock teaching method in the following work-plan systems especially, and a manipulator system was built.

[0047] \*\* Divide the movable range of the Brock teaching method and an effect (active region) into two or more rough Brock B. The Brock instruction method which teaches the orbit to Brock in whom the working area of an end effector exists per Brock, and puts it in a database, When an end effector did the activity for which it opted in the narrow range, by [ with the activity point instruction method which teaches and puts the work content in a database by the work unit ] both combining law, it made it possible to shorten data-processing time amount by leaps and bounds.

[0048] If it explains in full detail, as shown in drawing 1 , the Brock instruction method makes the active region of an end effector rough Brock at division (drawing 54 Brock), teaches beforehand the specific angle of rotation and the specific angular rate of rotation of each joint required to move to the Brock, and puts them in a database. Although there is moving trucking to each block innumerable, since a motion of each joint is prescribed by only angle of rotation, if the combination of angle of rotation of each offset revolution joint in the condition that an end effector is located is specified and put, for example on a certain Brock's reference point, and Brock is specified, the conditions of each joint to locate an end effector can ask the Brock from a data base in an instant. In the example of a graphic display, if 54 kinds of data bases are prepared at worst and the path which moves will not be limited, a working point will be taught to target Brock [ end effector / Brock / which ] in an instant using this data base, and an orbit will be generated.

[0049] Moreover, when a working area starts the Brock boundary region, touching Brock is chosen, and the data base about actuation of each joint of the Brock is called and controlled automatically. Moreover, when a working area crosses to a wide area beforehand, the method of working combining two or more Brock is taken. Brock's combination has the method of horizontal typesetting, \*\*\*\*, and a group in every direction, and these will be called from a data base.

[0050] What is necessary is for migration within Brock after an end effector arrives at Brock's criteria location where a working area exists to store instruction of the same working point as usual, and instruction of a work content in the execution file, and just to perform it by calling it. Or what is necessary is to draw up a work plan with the image information and the optimal control law from a joint camera or a plinth camera, and to automate it, or just to operate manually with a joy stick etc. In that case, since it is only migration within specific Brock, trajectory generation can be carried out in little

[ there are few joints which operate and ] data processing, and there are few burdens of a computer and they become accelerable.

[0051] Furthermore, if it is the activity the activity within Brock was decided to be as mentioned above (for example, an assembly method, the processing method, welding process, the examining method, etc.), and the work content for every Brock is taught and put in a database, and Brock of this working area is reached, the orbit for the work content in Brock will be generated by calling from a data base in an instant. Since there are few joints in the narrow range in Brock which carry out movable, not only specific Brock but other Brock can be used copying, as compared with the conventional robot control system, the work-content instruction data put in a database is easy to control, and they can accelerate it. Furthermore, by function-izing the content of instruction, a motion is reducible and expandable and can be applied.

[0052] \*\* In order to build the network network of each joint, as shown in a block diagram, out of the device system 100, each joint had the joint data base ROM 101, the objects ROM102 and CPU103 for starting, and a communication interface 104, and equips drawing 6 with communication facility. The data of each joint proper, such as a control parameter of arm-length [ of the joint ], offset angle, and revolution each rate constant, the constant of a servo motor, many constants of a tachometer, the constant of an encoder, an angle, and speed, is stored in the joint data base ROM.

[0053] And with this operation gestalt, as a signal line to each joint signal, there are a whole signal line 105 and an individual signal line 106 substantially, and it comes to be able to carry out the change activity of both, and a network is constituted and it is. For example, the whole initial setting becomes easy by notifying to whether delivery and this joint are in a whole signal at what position, and what kind of joint the communication link interface has led the content of the joint data base of self with the seizing signal from the upstream on an individual signal line at the power up to a control computer and all joints. Moreover, as mentioned above, each joint is suppliable with other joints, since the combination of a motion (revolution) of each joint will be innumerable to form a robot orbit and the motion of one joint will not be interlocked with a motion of an end effector directly, if the offset revolution joint of this invention is adopted by forming a network, even if one joint breaks down.

[0054] In the Brock instruction, as typically shown in drawing 7, by connecting each joint with a joint torque distribution means and joint each count means according to an individual through a whole communication wire, each joint can perform activation of a direct command, and the report of a result, and the activation of the orbit based on the Brock instruction of it is attained. Moreover, when carrying out a motion which is a snake and which surged, it is an individual signal line and the angle of the joint by the side of an adjoining head is sent to the joint by the side of the end face which adjoins reception and its joint angle. There can be no communication link with the computer which controls the whole by that cause, the burden of a computer can become light, operation speed can be raised, and a complicated motion can be made smooth.

[0055] Although the above explained the case where it worked with a single articulated robot, it is possible to also make it work by installing two or more above-mentioned robots, and two or more robots having two incomes.

[0056] [Effect of the Invention] According to the articulated robot and its control method of this invention, the following exceptional effects are done so as mentioned above. Since a follower by-pass link makes the intersection of a link axis and offset axis of rotation top-most vertices and whenever [ offset angle ] carries out cone rotation, by preparing two or more these offset revolution joints, the offset revolution joint of this invention is the easy device of only rotation, and can perform precise three-dimensions positioning in the extensive movable range of an end effector. And since the revolution joint driving mechanism section in a joint serves as high reduction gear ratio transmission and an increment device in torque, a small drive motor can be used for each joint, it can tell stronger running torque, and can form a joint in a small light weight. For the articulated robot of a multiple string, this is dramatically advantageous, and the high offset revolution joint of a pay load can be obtained more by the small light weight, and it can obtain the highly efficient articulated robot in which precise point-to-point control is

possible.

[0057] Furthermore, by \* transmitted by high reduction gear ratio transmission and the increment device in torque, the transmission to said revolution joint driving mechanism section from a motor can also tell still stronger running torque, and can form a joint in a small light weight. Even if it is the revolution joint which has an offset angle by adopting the interlock using bevel gear especially, a motor axis can be made in agreement with an arm axis, and can be installed, and the diameter of an arm can be made small.

[0058] Moreover, without consuming power also at the time of interruption to service, since the special actuator which constitutes a brake mechanism by adopting the motor with a brake which was united the encoder and the tachometer in said motor is not needed, a location can be held as it is, and while safety is high, energy saving can be aimed at. And an assembly and maintenance control are easy by carrying out unitization so that a motor case may constitute a part of arm.

[0059] Since the articulated robot of this invention can form the whole arm containing an offset revolution joint and a coaxial revolution joint in a continuation hollow barrel By preparing a flexible hose etc. in an arm, it can be used as supply ways, such as various matter, and energy or a signal, from a direct robot main part. And this supply way is in an arm cylinder, since it is not put to direct external environment and protected, the matter supply by the harsh environment etc. is attained and the robot which can apply to versatility much more can be obtained.

[0060] Trajectory generation to a target position can be performed simply, without needing complicated count only by specifying Brock in whom a working area exists, even if it is the articulated robot which does the motion with a complicated arm according to the control method of the articulated robot of this invention, and the motion with an early smooth speed of response is made possible.

[0061] Moreover, according to invention of claim 10, the orbit for the work content in Brock is generable in an instant by calling a work content from a data base in a specific working area. And a copy or a motion is reduced and expanded, not only specific Brock but other Brock can apply it, as compared with the conventional robot control system, the instruction data of the work content put in a database is easy to control, and they can accelerate it. And it is possible in shortening data-processing time amount by leaps and bounds like invention of claim 11 by [ of the Brock instruction method and the activity point instruction method ] both combining law.

[0062] furthermore , direct information can be send without mind [ which adjoin while being able to carry out the parallel control of each joint ] a central controller according to invention of claim 12 , not only the case of the activation based on the trajectory generation based on the Brock instruction data but when carry out the motion which surged the arm like a snake and move an end effector in a complicated path , the burden of a whole control computer can be lessen and operation speed can be bring forward much more . Moreover, initial setting is also easy.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective diagram showing the working state of the articulated robot concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] the offset revolution joint section of the articulated robot concerning the operation gestalt of this invention is shown -- it is fracture front view a part.

[Drawing 3] the offset revolution joint of the articulated robot concerning other operation gestalten of this invention is shown -- it is fracture front view a part.

[Drawing 4] It is a block diagram based on the articulated-robot control method concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is the flow chart which shows the actuation.

[Drawing 6] It is the block diagram of the joint section which constitutes the network in the articulated-robot control method concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is a network configuration conceptual diagram.

## [Description of Notations]

- 1 Articulated Robot 2 Arm
- 3 End Effector 4 Camera
- 5 Head Arm 6 Driving-Side Arm
- 7 Follower Side Arm 8 Motor Unit
- 9 Joint Revolution Driving Mechanism Section 10 Motor Case
- 11 80 Motor 12 82 Encoder
- 13 Slip Ring 15 Breakthrough
- 16 Rotary Knob 17 (External Tooth) Bevel Gear
- 20 Stator Housing 21 Cylinder Shaft
- 22 Breakthrough 24 Internal-Tooth Bevel Gear
- 30 Rota Housing 32 Input Gear Member
- 37 Output Gear Member 40 Slip Ring
- 50 Motor 54 Timing Belt
- 55 Stator Housing 57 Motor Assembly
- 58 Home Position Detection Sensor 70 Data Base
- 71 Work-Plan Means 72 Trajectory Generation Means
- 73 Manual Control Input Device 75 Joint Distribution Means
- 76 Joint Angle Count Means 79 Joint
- 81 Tachometer 84 Servo Amplifier
- 100 Device System 101 Joint Data Base ROM
- 103 CPU 104 Communication Link Interface

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] In an articulated robot which has at least two or more offset revolution joints by which revolution actuation is carried out at the circumference of offset axis of rotation toward which a driving-side arm and a follower side arm inclined to an arm axis By motor, incline at the head of an arm of either a driving-side arm or a follower side arm by whenever [ predetermined offset angle ], and the hollow axis of rotation by which revolution actuation is carried out is prepared in it free [ a revolution ]. An articulated robot characterized by fixing the Rota member which has turning effort transmitted by arm end face of another side from said hollow shaft, and said hollow axis of rotation and said Rota member serving as high reduction gear ratio transmission and an increment device in torque.

[Claim 2] from an output gear member whose number of teeth is more than an input gear member and this input gear member to which it comes to fix said high reduction gear ratio driving mechanism possible [ elastic deformation ] by a peripheral face turning into a tooth flank in respect of the cam actuation to which said hollow shaft with which a cam side was formed in a peripheral face, and inner skin engage with a cam side of said hollow shaft slightly -- becoming -- this output gear member -- said Rota -- a member -- \*\*\*\* -- an articulated robot according to claim 1 which is.

[Claim 3] For said motor, the axis of rotation is the articulated robot according to claim 1 or 2 with which are arranged so that it may become parallel, and a bevel-gear driving mechanism which it becomes from engagement with an arm axis, coincidence or external-tooth bevel gear fixed to an output shaft of a motor, and internal-tooth bevel gear fixed to a end face of said hollow axis of rotation comes to transmit turning effort from this motor to the hollow axis of rotation.

[Claim 4] An articulated robot according to claim 3 with which a case of said motor has become a part of arm.

[Claim 5] Turning effort from said motor to the hollow axis of rotation is an articulated robot according to claim 1 or 2 which a belt transmission device which consists of a timing belt which constructed between a pulley fixed to an output shaft of a motor, a pulley fixed to a end face of said hollow axis of rotation, this pulley, and said pulley, and was passed comes to transmit.

[Claim 6] claims 1-5 which are the motors with a brake by which said motor was united with an encoder and a tachometer -- an articulated robot of any or a publication.

[Claim 7] claims 1-6 which an output side and a reverse side shaft edge of said motor shaft are made to project, and have prepared a manual revolution controller in a lobe -- an articulated robot of any or a publication.

[Claim 8] A control method of an articulated robot characterized by an operating condition of each joint being determined by Brock field DATA by which call appearance was carried out from said data base when are an articulated robot's control method and an active region of an end effector is divided into two or more Brock, it is put in a database for every Brock, using an operating condition of each joint required to move to predetermined Brock as the Brock field data and Brock of a working area was chosen beforehand.

[Claim 9] Each joint is the control method of an articulated robot according to claim 8 which becomes



for every joint as performs motor control independently so that the Brock field data given from said data base may be compared with the present condition of operation and said Brock field data may be filled.

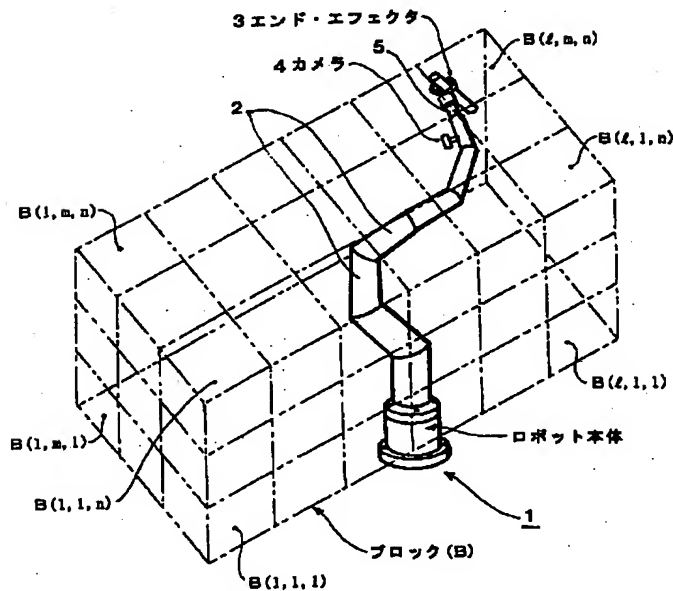
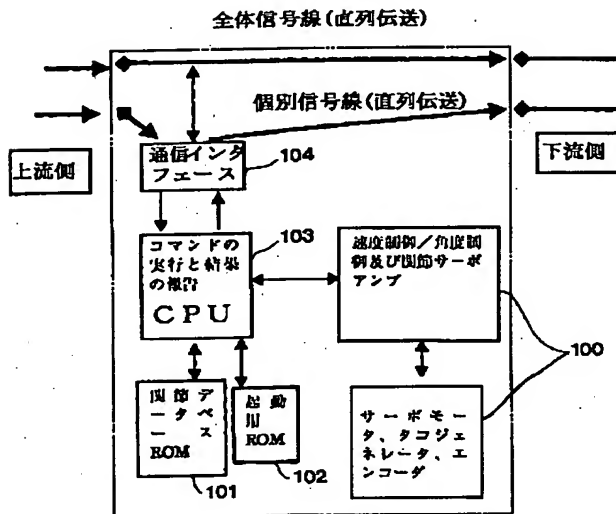
[Claim 10] A control method of an articulated robot characterized by calling activity point data in Brock from said data base, and opting for actuation of each joint when it is an articulated robot's control method, instruction of the activity point in a predetermined Brock field is put in a database as activity point data and an end effector arrived at this block field.

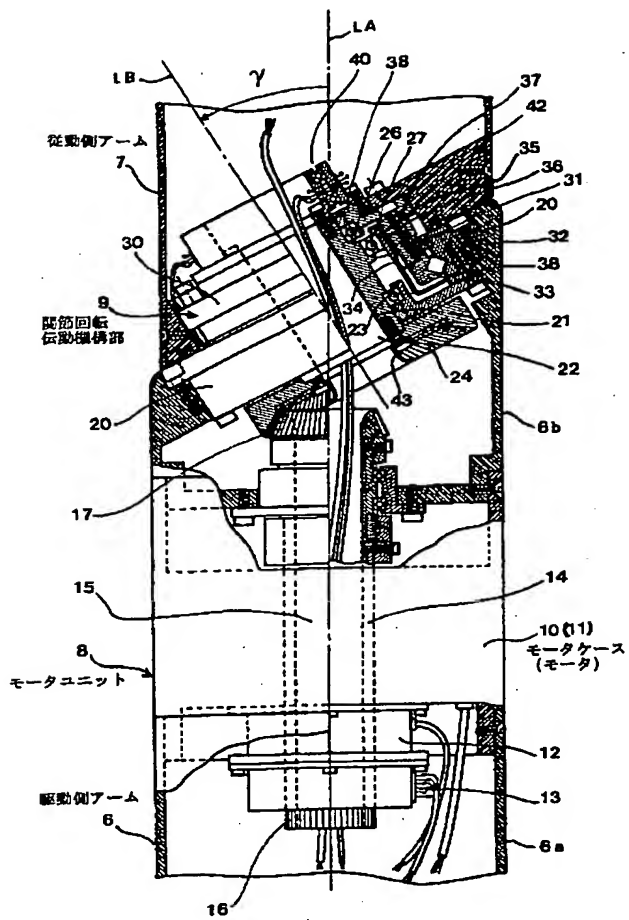
[Claim 11] Are an articulated robot's control method and an active region of an end effector is divided into two or more Brock. While putting it in a database for every Brock, using an operating condition of each joint required to move to predetermined Brock as the Brock field data Instruction of the activity point in a predetermined Brock field is put in a database as activity point data in Brock. An operating condition of each joint is determined by the Brock field data by which call appearance was carried out from said data base when Brock of a working area was chosen beforehand. When said joint drives so that these conditions may be fulfilled, it moves to predetermined activity Brock. A control method of an articulated robot characterized by calling said activity point data in Brock, and opting for actuation of each joint if an end effector reaches said selected Brock's \*\*\*\*\*.

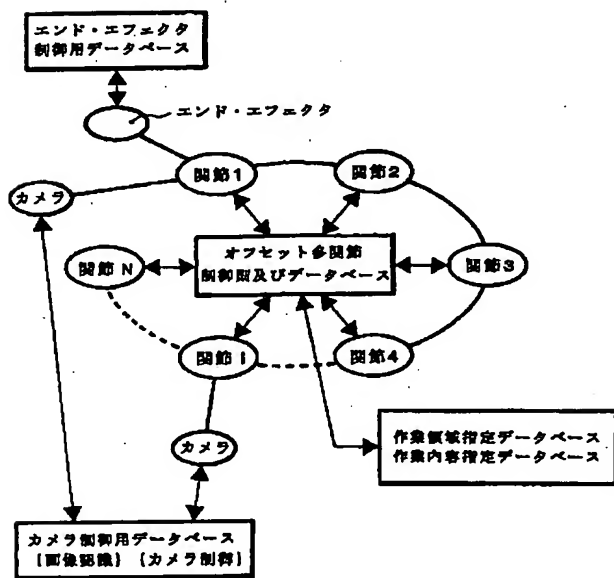
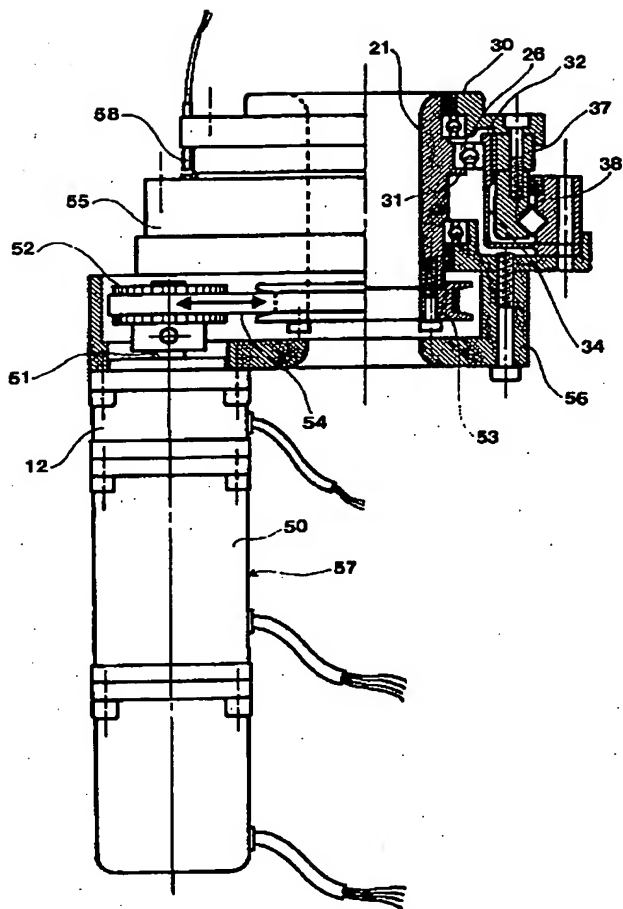
[Claim 12] the control method of the articulated robot characterize by enable it to send direct information , without mind [ which adjoin while it be an articulated robot control method , each joint have a processing unit , a joint data base , and a communication link interface , a network constitute so that between each joint control unit may exchange immediate data while each joint be independently connect with a central controller which control a motion of the whole robot , and carry out the parallel control of each joint ] a central controller .

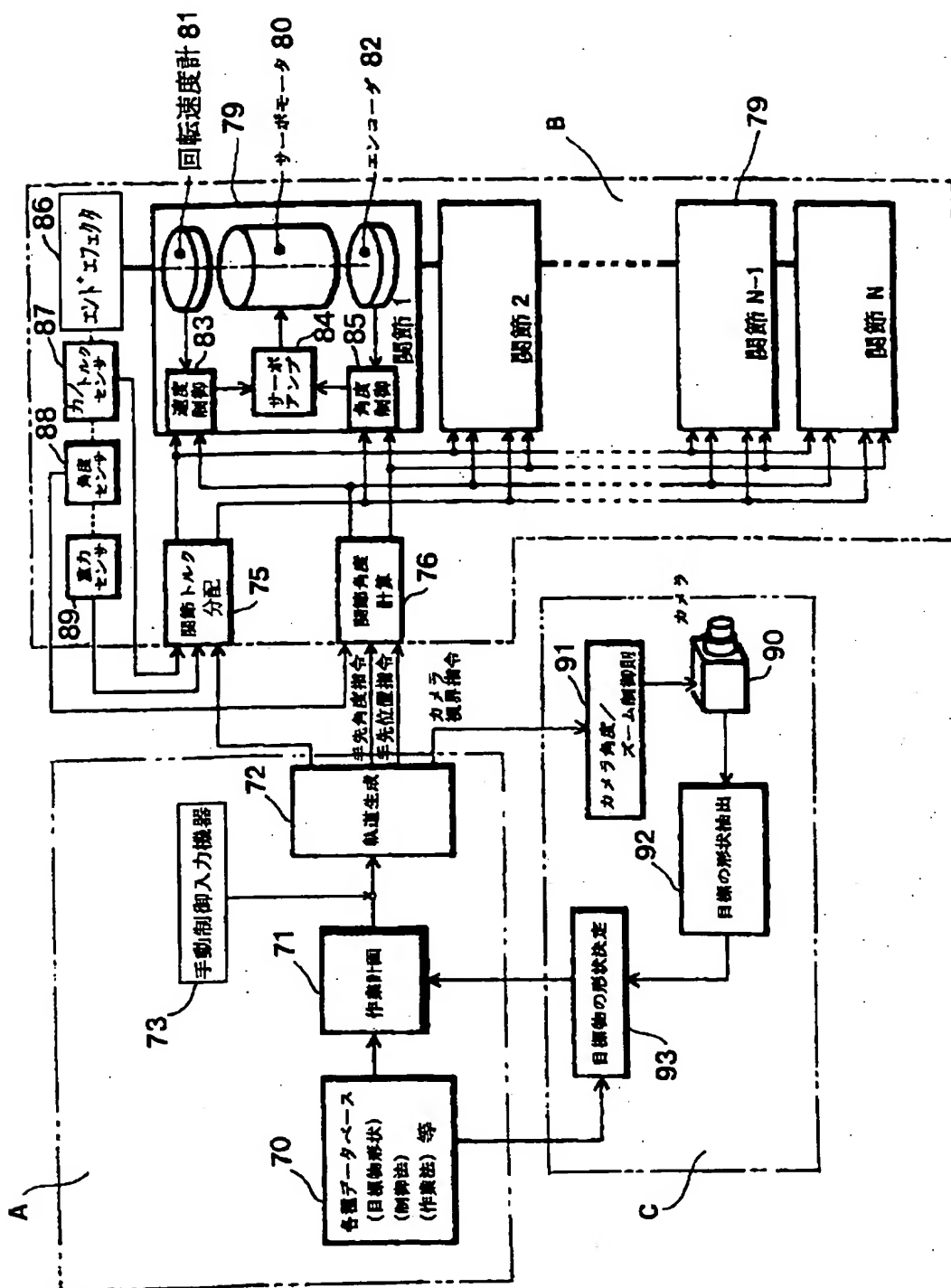
---

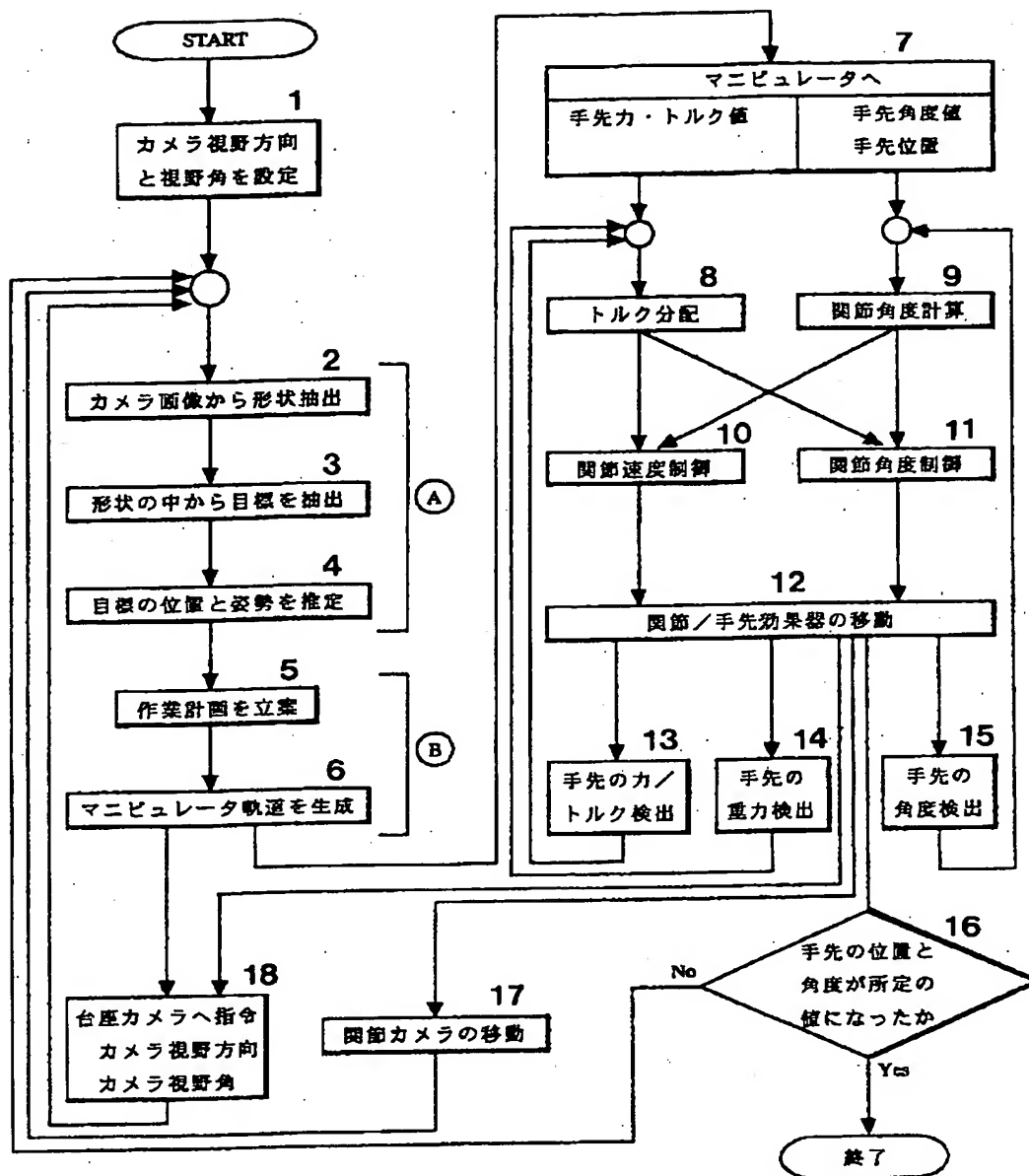
[Translation done.]











[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-138279

(P2001-138279A)

(43) 公開日 平成13年5月22日 (2001. 5. 22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターミナル (参考)

B 2 5 J 17/00

B 2 5 J 17/00

E 3 F 0 5 9

9/10

9/10

A 3 F 0 6 0

13/00

13/00

Z 5 H 2 6 9

G 0 5 B 19/18

G 0 5 B 19/18

D

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平11-319334

(22) 出願日

平成11年11月10日 (1999. 11. 10)

(71) 出願人 391037397

科学技術庁航空宇宙技術研究所長

東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1

(72) 発明者 岡本 修

東京都立川市曙町3-28-10

(72) 発明者 中谷 輝臣

東京都町田市本町田2379 木曾住宅ホ-6  
-212

(72) 発明者 上村 平八郎

東京都三鷹市井の頭5-28-3 井の頭ア  
ルカディア203

(74) 代理人 100092200

弁理士 大城 重信 (外2名)

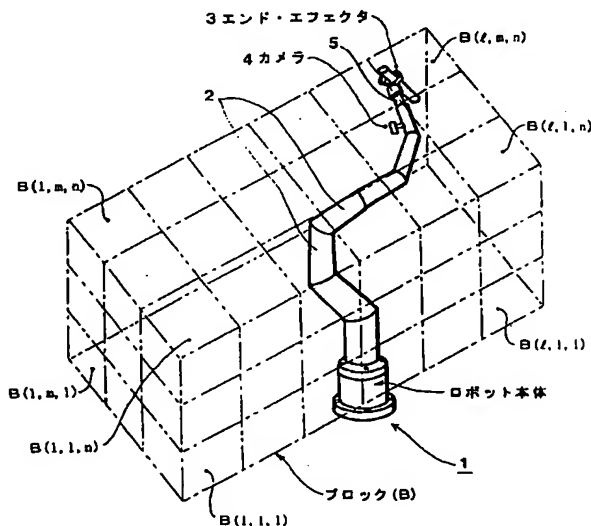
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多関節ロボットとその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 小型軽量で高トルクのオフセット回転関節を有し、ペイロードが高く且つ複雑で精密な動きが可能な高機能な多関節ロボットを得、且つ軌道生成が単純で複雑な動きであっても応答速度が早くスムーズな作業を可能にする。

【解決手段】 オフセット回転関節の関節内の回転伝動機構に高減速比伝動・トルク増加機構を採用して、小型モータの採用を可能にし、且つ制御方法はエンドエフェクタ3の動作領域を複数のブロックBに区割りして、所定のブロックに移動するのに必要な各関節の動作条件をブロック毎にデータベース化しておくと共に、所定ブロック領域内での作業ポイントの教示をデータベース化しておき、作業領域のブロックまでは、ブロック領域データを基に軌道生成し、ブロックの基準点に達したら、ブロック内作業ポイントデータを読み出して各関節の動作を決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 駆動側アームと従動側アームがアーム軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線回りに回転駆動されるオフセット回転関節を少なくとも複数個有する多関節ロボットにおいて、駆動側アーム又は従動側アームの何れか一方のアーム先端にモータで回転駆動される中空回転軸を所定のオフセット角度で傾斜して回転自在に設け、他方のアーム基端に前記中空軸から回転力を伝動されるロータ部材が固定され、前記中空回転軸と前記ロータ部材が高減速比伝動・トルク増加機構となっていることを特徴とする多関節ロボット。

【請求項 2】 前記高減速比伝動機構が、外周面にカム面が形成された前記中空軸、内周面が前記中空軸のカム面と係合するカム作動面で外周面が歯面となって弾性変形可能に固定されてなる入力ギア部材、該入力ギア部材よりも歯数が僅かに多くなっている出力ギア部材からなり、該出力ギア部材が前記ロータ部材になっている請求項 1 記載の多関節ロボット。

【請求項 3】 前記モータはその回転軸線がアーム軸線と一致又は平行となるように配置され、該モータから中空回転軸への回転力は、モータの出力軸に固定された外歯傘歯車と、前記中空回転軸の基端に固定された内歯傘歯車との噛み合いからなる傘歯車伝動機構により伝動されてなる請求項 1 又は 2 記載の多関節ロボット。

【請求項 4】 前記モータのケースがアームの一部となっている請求項 3 記載の多関節ロボット。

【請求項 5】 前記モータから中空回転軸への回転力は、モータの出力軸に固定されたプーリ、前記中空回転軸の基端に固定されたプーリ、該プーリと前記プーリ間に懸け渡されたタイミングベルトとからなるベルト伝動機構により伝動されてなる請求項 1 又は 2 記載の多関節ロボット。

【請求項 6】 前記モータがエンコーダ及び回転速度計と一体となったブレーキ付きモータである請求項 1～5 何れか記載の多関節ロボット。

【請求項 7】 前記モータ軸の出力側と反対側軸端を突出させて突出部に手動回転調整部を設けてある請求項 1～6 何れか記載の多関節ロボット。

【請求項 8】 多関節ロボットの制御方法であって、エンドエフェクタの動作領域を複数のブロックに区割りして、所定のブロックに移動するに必要な各関節の動作条件をブロック領域データとしてブロック毎にデータベース化しておき、予め作業領域のブロックを選択すると前記データベースより呼び出されたブロック領域データにより各関節の動作条件が決定されることを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【請求項 9】 各関節は、前記データベースから与えられるブロック領域データと現在の動作状況とを比較して、前記ブロック領域データを満たすように各関節毎に独立してモータ制御を行うようにしてなる請求項 8 記載

の多関節ロボットの制御方法。

【請求項 10】 多関節ロボットの制御方法であって、所定ブロック領域内での作業ポイントの教示を作業ポイントデータとしてデータベース化しておき、エンドエフェクタが該ブロック領域に達したら、前記データベースからブロック内作業ポイントデータを呼び出して各関節の動作を決定するようにしたことを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【請求項 11】 多関節ロボットの制御方法であって、エンドエフェクタの動作領域を複数のブロックに区割りして、所定のブロックに移動するに必要な各関節の動作条件をブロック領域データとしてブロック毎にデータベース化しておくと共に、所定ブロック領域内での作業ポイントの教示をブロック内作業ポイントデータとしてデータベース化しておき、予め作業領域のブロックを選択すると前記データベースより呼び出されたブロック領域データにより各関節の動作条件が決定され、該条件を満たすように前記関節が駆動されることによって所定作業ブロックに移動し、エンドエフェクタが前記選択されたブロックの基準点まに達したら、前記ブロック内作業ポイントデータを呼び出して各関節の動作を決定することを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【請求項 12】 多関節ロボットの制御方法であって、各関節が演算処理装置と関節データベース及び通信インターフェースを有し、ロボット全体の動きを制御する中央コントローラと各関節が独立して接続されていると共に各関節制御装置間も直接データをやり取りできるようにネットワークを構成し、各関節を並列制御できると共に隣接する関節に中央コントローラを介さずに直接情報を送ることができるようにしたことを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、多関節ロボットと多関節ロボットの制御方法と、特にオフセット回転関節を有する多関節ロボットとその制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、関節がリンク軸線と所定角度傾斜した回転軸線を有するオフセット回転関節を有する多関節ロボットは提案されている（例えば、PCT国際公開 WO88/03856 号公報）。該オフセット回転関節は、従動側アームがアーム軸線とオフセット回転軸線との交点を頂点として、オフセット角度の円錐回転運動する構造であり、該オフセット回転関節を複数設けることによって、回転運動のみの簡単な機構で、エンドエフェクタを広く動範囲で精密な三次元位置決めができる。そして、軸回転のみであるから、容易に精密な位置決め制御が可能であり、しかも大きなトルクを伝えることができる利点がある。また、オフセット回転関節で多数のアームを連結することによってアーム全体を蛇のような動



きをさせることができ、複雑作業経路でエンドエフェクタを動かすことができ、従来の多関節ロボットにない動きをさせることが可能である。

【0003】しかしながら、上記機能を効果的に実現するためにアームを多数連結するとアーム自体の自重が重くなり、エンドエフェクタのペイロードが減少し高負荷作業が困難となる等の問題があり、より軽量小型で高トルクを得ることができるオフセット回転関節が要求されている。

【0004】一方、従来のロボットシステムでは、位置、姿勢情報の教示法として、ダイレクトティーチング法、ジョイスティック等によるリモートティーチング法、数値データ入力等によるオフラインティーチング等が知られているが、これらの教示は、ロボットが出発点から目標位置までの軌跡上の点を、直接又は間接的に逐一教示する方法である。そして、教示された作業点間を指示経路通りロボットを動かすために、各関節に配置されたモータの制御量を計算して軌道を生成し、各モータに制御量を指令値として与えている。従って、多関節のロボットで複雑な軌道生成の場合は、教示が困難であると共に、軌道生成の計算が複雑膨大となってコンピュータの負荷が増大し、応答速度が遅くなり、その結果、スムーズな動きができなくなるといった問題がある。

【0005】特に、前記のようにオフセット回転関節を有する多関節ロボットの場合は、出発点から目標位置までエンドエフェクタを動かすのに、各関節の動きの組合せは無数にあり、軌道生成が複雑であるため、従来のロボットの制御法では応答速度が遅くならざるを得なかった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記実情に鑑み創案されたものであり、その目的とするところは、より小型の駆動モータを採用してより強い回転トルクを伝えることができ、且つ高精度の位置決めができ、小型軽量でより高トルクのオフセット回転関節を得、該オフセット回転関節を多段に接続することによってペイロードが大きく可動範囲がひろく且つ複雑な精密な動きをする高機能な多関節ロボットを提供することにある。

【0007】また、上記のような複雑な動きをするエンドエフェクタを有する多関節ロボットであっても、その都度複雑な演算処理を必要とせず、簡単に目標位置までの軌道生成ができ、複雑な動きであっても応答速度が早くスムーズに作業できることを可能にする多関節ロボットの制御方法を提供することを第2の目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するための本発明の多関節ロボットは、駆動側アームと従動側アームがアーム軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線回りに回転駆動されるオフセット回転関節を少なくとも

複数個有する多関節ロボットにおいて、駆動側アーム又は従動側アームの何れか一方のアーム先端にモータで回転駆動される中空回転軸を所定のオフセット角度で傾斜して回転自在に設け、他方のアーム基端に前記中空軸から回転力を伝動されるロータ部材が固定され、前記中空回転軸と前記ロータ部材が高減速比伝動・トルク増加機構となっていることを特徴とするものである。

【0009】前記高減速比伝動機構として、ハーモニックドライブ機構が好適に適用できるが、これに限るものでなく、他の遊星歯車減速機構や特殊歯形減速機構等も適用可能である。また、モータから中空回転軸への回転力を、モータの出力軸に固定された外歯傘歯車と、前記中空回転軸の基端に固定された内歯傘歯車との噛み合いによって伝えるようにすることによって、アーム内でモータを回転軸線がアーム軸線と一致又は平行となるように配置することができ、アームの径を小さくすることができ、望ましい。また、前記モータから中空回転軸への伝動機構は、モータの出力軸に固定されたプーリ、前記中空回転軸の基端に固定されたプーリ、該プーリと前記プーリ間に懸け渡されたタイミングベルトとからなるベルト伝動を採用することも可能である。

【0010】前記モータをケースがアームの一部となるようにケース一体型に構成することによって、そして、エンコーダ及び回転速度計と一体となったブレーキ付きモータとすることによって、アーム本体への取付け組立が容易であり、且つメンテナンスも容易である。また、特別なブレーキ装置を必要とすることなく、アームを所定位置に保持することができる。さらに、モータ軸の出力側と反対側軸端を突出させて突出部に手動回転調整部を設けることによって、組立時の角度調整を手動で行うことができ、組立てが容易となる。

【0011】上記第2の目的を達成する本発明の多関節ロボットの制御方法は、エンドエフェクタの動作領域を複数のブロックに区割りして、所定のブロックに移動するのに必要な各関節の動作条件をブロック領域データとしてブロック毎にデータベース化しておくと共に、所定ブロック領域内での作業ポイントの教示をブロック内作業ポイントデータとしてデータベース化しておき、予め作業領域のブロックを選択すると前記データベースより呼び出されたブロック領域データにより各関節の動作条件が決定され、該条件を満たすように前記関節が駆動されることによって、エンドエフェクタを前記選択されたブロックの基準点まで移動させる。そして、選択されたブロックの基準点に達したら前記ブロック内作業ポイントデータと呼び出して各関節の動作を決定することの特徴とするものである。従って、各関節の動きをエンドエフェクタの動きに連係して、軌道を決定する複雑な演算を行うことがないので、データ処理量を格別に低減することができ、スピード化を図ることができる。

【0012】本発明は、上記のようにブロック領域デー

タと共にブロック領域内での作業ポイントデータもデータベース化して、両者を組み合わせて制御することにより、より高速化が可能であるが、何れか一方のみをデータベース化することも可能である。所定のブロック領域に、エンドエフェクタを移動させるのに、各関節は、前記データベースから与えられるブロック領域データと現在の動作状況とを比較して、前記ブロック領域データを満たすように独立してモータ制御を行うことによって、各関節が独立して並列的に作動する。作業領域広域に渡る場合は、複数のブロックを組み合わせれば良い。

【0013】また、多関節ロボットをアームがうねった複雑な動きをさせる場合、コンピュータの負荷を軽減させて高速化に対応できるようにするために、本発明では、各関節に格納された関節制御手段が、ロボットの全体の動きを制御する中央コントローラとそれぞれ独立して接続されていると共に、各関節制御装置間も直接データをやり取りできるようにネットワークを構成し、各関節を並列制御できると共に複雑な動きとの時には隣接する関節に直接関節の角度情報を送ることができるようにした。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づき詳細に説明する。図1は、本発明の多関節ロボットの概略図を示している。本発明の多関節ロボット1は、多数のアーム2がオフセット回転関節で連結され、ロボットアーム自体が蛇のような動きが可能で、3次元空間内でエンドエフェクタ3を6自由度で移動できると共に、その向きも3次元的に自由に動くことができるようになっている。なお、本実施形態の多関節ロボットは、形状識別センサとして関節カメラ4を適宜備えていると共に、必要に応じて台座カメラも設置されている。エンドエフェクタ3を支持している先端アーム5は自在に伸縮及び回転可能に形成されている。また、オフセット回転関節で連結されているアーム間でも、必要に応じてオフセット角を有しない回転関節及び軸方向伸縮関節を適宜設けても良い。

【0015】本発明の多関節ロボットのオフセット回転関節の一実施形態を示し、その主な機構的特徴は次の点にある。

- ①関節の駆動伝動機構に貫通孔を有する高減速・トルク増大機構を採用して、トルクの増加とガタのない精密な減速伝動を可能にした。
- ②さらに関節部の高減速・トルク増大機構へのモータからの回転力伝動に外歯傘歯車ー内歯傘歯車機構又はベルト伝動機構を採用して、より高減速・トルク増大を図ると共にモータをアーム内に同軸的に設けることを可能にして、アーム径の縮小化を図った。
- ③モータはエンコーダ、スリップリング、回転速度計と一体化すると共に、モータケースがアームの一部を形成するようにして、各関節のセンサー手段、制御手段をモ

ータと一体にユニット化して、アームへの取付けを簡単にすると共に、小型化を図った。さらに、モータ軸に貫通孔を設けた。

④スリップリングを関節部の出力軸にも設けることによって、回転方向を考慮しない自在回転制御方式の採用可能して回転制御の容易化を図った。

⑤モータ軸をスリップリングより突出させて、組立時に手でモータ軸を回転できるようにすることによって、組立時の歯合わせ等の調節が容易にできるようにして組立の容易化を図った。

⑥各関節及びエンドエフェクタに制御信号及び動力を伝達する信号線や動力線を、アーム及び回転関節の内部を貫通して配置することができ、且つこれらの信号線や動力線が回転関節の伝動機構によって破損されないように工夫した。

【0016】以下、上記特徴点を有するオフセット回転関節の具体的構成を図2により説明する。図2示すオフセット回転関節は、図1に示すように、円筒状の手元アームを駆動側アーム6とし、手先アームを従動側アーム7としている場合であり、従動側アームが駆動側アームのアーム軸線に対し、オフセット角 $\gamma$ のオフセット回転関節で接続されている状態を示している。駆動側アーム6のアーム本体6aの先端は軸線に直角な直角開口部となっており、従動側アームの基端がアーム軸線に対して傾斜角 $\gamma$ の傾斜開口部となっており、直角開口部と傾斜開口部にオフセット回転関節組立体が設けられている。

【0017】本実施形態におけるオフセット回転関節組立体は、モータユニット8、該モータユニット先端に固定された駆動側アーム先端部6b、該駆動側アーム先端部に固定された関節回転伝動機構部9が一体に組み立てられている。駆動側アーム先端部6bは、基端側が直角開口部で先端側が傾斜開口部に形成され、直角開口部にモータ軸先端を軸受けし、傾斜開口部には関節回転伝動機構部9が固定されている。

【0018】モータユニット8は、アームと同径を有するモータケース10を有し、該モータケースの上下端を図示のように駆動側アーム6a及び駆動側アーム先端部6bと連結固定して一体化することによって、モータケース10自体が駆動側アームの一部を構成を構成している。モータユニット8は、前記モータケース10と一体型に形成されたモータ11、エンコーダ12、スリップリング13、及び回転速度計（図示してない）からなり、モータ軸14がアーム軸線と同一軸線上又は平行線上に位置するように設けられている。

【0019】モータ11は、DCサーボモータ、ACサーボモータ、直接駆動モータ又はパルスモータ等任意の正逆回転小型制御モータが採用できる。モータ軸14は、貫通孔15を有する中空軸に形成され、内部を信号線及び動力線が貫通できるようになっている。モータ軸14の基端部及び先端部はモータケースから突出し、先

端部にはモータ軸 14 の貫通孔に連通する貫通孔が形成された外傘歯車 17 が固定され、駆動側アーム先端部 6b の基端側に回転自在に軸受されている。また、モータ軸 14 の基端部には回転摘み 16 が固定され、組立時にオフセット回転関節の角度調節を手動で自由にできるようになっている。

【0020】関節回転伝動機構部 9 は、駆動側であるステータ部と従動側であるロータ部からなり、ステータ部が駆動側アーム先端部 6b に連結され、ロータ部が従動側アーム 7 に連結されている。そして、ステータ部とロータ部とで、以下に詳述するように、ハーモニックドライブ機構を構成し、駆動側から従動側に高減速比で回転力を伝えるようになっている。

【0021】ステータハウジング 20 は、傾斜開口部となっている駆動側アーム先端部 6b に固定され、中央部に貫通孔 22 が形成された円筒軸 21 をベアリング 23 を介して回転自在に軸受している。該円筒軸 21 の先端部はベアリング 26 を介してロータハウジング 30 にも回転自在に軸受されている。従って、該円筒軸 21 は駆動側アーム軸線に対して、オフセット角度  $\gamma$  だけ傾斜していることになる。円筒軸 21 の基端側には、前記モータ軸に取り付けられた外傘歯車 17 と噛み合う内傘歯車 24 が固定されている。

【0022】また、円筒軸 21 の上部には外周面が楕円形状のカムを構成する軸受フランジ 31 が形成され、該軸受フランジ外周面と、前記ステータハウジング 20 に固定された入力ギア部材 32 の上端部内周面との間にベアリング 27 が設けられている。入力ギア部材 32 は、図 2 に示すように、下端部が取付フランジ部 33 となっている円筒状に形成され、円筒胴部 34 は弾性変形可能な金属材で形成され、その上端部外周面には外歯 35 が形成されている。

【0023】一方、ロータハウジング 30 には、内周面に前記外歯 35 と噛み合う内歯 36 が形成されている出力ギア部材 37 が固定され、該出力ギア部材は、リング部材 38 及びベアリングを介してステータハウジング 20 に回転自在に軸受されていると共に、その上端部はロータハウジングを介して従動側アームに固定されている。出力ギア部材 37 の内歯 36 は弾性変形する入力ギア部材 32 の外歯 35 より歯数が多く（例えば 2 枚）形成されており、円筒軸 21、入力ギア部材 32、出力ギア部材 7 とで、大減速比で回転力を伝達するハーモニックドライブ機構を構成している。

【0024】円筒軸 21 の頂部とロータハウジング 30（出力ギア部材 37）との間にもスリップリング 40 を設け、回転方向を考慮しない自在回転制御ができるようにした。また、関節回転伝動機構部 9 には、前記アーム間の関節部に取り付けた際に、回転接触部を介してアーム内部の空間部に外部からガスや水その他の異物が侵入しないように、回転接触部には適宜のシール手段が取り

付けられ、ロボットアーム内部の密封を図っている。なお、図中 43 は、内傘歯車 24 を貫通する信号線等を破損しないように保護するために内傘歯車 24 の貫通孔に嵌合して設けたラッパ状の保護筒である。また、図示していないが、ハーモニックドライブ機構には、入力／出力軸間に回転原点位置検出センサが設けられている。

【0025】関節回転伝動機構部 9 は、以上のように構成され、モータユニット 8 と駆動側アーム先端部 6b とを一体に組み立てることによって、オフセット回転関節組立体を構成し、それを各関節毎に予め組み立ておけば、多関節ロボットの組み立てに際して、該オフセット回転関節組立体を介して、駆動側アームと従動側アームを順次連結していけば良いので、組み立てが容易である。また、オフセット回転関節が故障した際は、該オフセット回転関節組立体を置き換えれば良いので、メンテナンスも容易である。なお、アームの組み立てに際して、関節回転伝動機構部 9 の従動側アームへの連結は、出力ギア部材 37 を、直接又は図示のようにロータハウジング 30 を介して、従動側アーム 7 の傾斜開口部固定されている従動側関節板 42 に固定することによってできる。

【0026】以上のように取り付けることによって、関節回転伝動機構部 9 の回転軸線が駆動側アーム 6 のアーム軸線 LA に対して、角度  $\gamma$  傾斜することになる。その結果、傾斜角度  $\gamma$  がオフセット角度となり、従動側アーム 7 はオフセット回転軸線 LB とアーム軸線 LA との交点を頂点として、オフセット角度  $\gamma$  の円錐回転運動することになる。従って、該オフセット回転関節を複数組み合わせることによって、回転運動の組合せのみで、三次元の非常に複雑な動きをさせることができる。

【0027】次に、上記のように構成された関節回転伝動機構部 9 の作動を説明する。モータ 11 が駆動すると、外傘歯車 17、内傘歯車 24 を介して円筒軸 21 が所定の回転速度で回転する。その際、内傘歯車 24 を径大にすることによって直径比に応じて減速することができ、小型のモータで大きなトルクを発生させることができる。しかも傘歯車同士の噛み合いであるからスベリやバックラッシュも殆どなく正確に且つ静かに伝達することができる。円筒軸 21 が回転することによって、該円筒軸の外周面に形成されている楕円形状の軸受フランジ 31 の長軸部外周面がベアリング 27 を介して、入力ギア部材 32 の円筒胴部 34 をカム作用により押す。それにより、入力ギア部材 32 の円筒胴部 34 が弾性変形して、外歯 35 が出力ギア部材 37 の内歯 36 と噛み合う。そのため、内歯と外歯の噛み合い位置は円筒軸の回転につれて順次変化し、円筒軸が 1 回転したとき、出力ギア部材 37 は入力ギア部材との歯数差分だけ回転することになる。従って、入力ギアの歯数を  $Z_i$  とし、出力ギア部材の歯数を  $Z_o$  とすると、減速比は  $(Z_o - Z_i) / Z_o$  となり、大きな減速比を得ることがで

きる。

【0028】そのため、前記の外歯傘歯車-内歯傘歯車伝動機構に加えさらにハーモニックギア機構により大きな減速比を得ることができ、小さなモータでより大きな回転トルクを得ることができる。このことは、ロボットの関節を小型軽量化を図ることができるので、ロボットの関節機構としては非常に有利である。また、外歯傘歯車-内歯傘歯車伝動機構を採用することにより、オフセット角度に関係なく、常にモータをアーム軸線と一致させて取り付けできるので、関節部のアームの直径を大きくする必要がなく、多関節アーム全体として細径のパイプ状に構成することができ、自重を減少させることができる。

【0029】また、前記減速機構は、出力ギア部材の円筒胴部の弾性変形により噛み合うので、同時かみ合い歯数が多く、歯のピッチ誤差の回転精度への影響が平均化されて、高回転精度が得られる。従って、オフセット回転関節機構と相俟ってより高位置決め精度が得られ、非常に精密な動きを要するロボットの関節としても有効である。さらに、歯と歯は転がり接触をせず、且つ周速も低いので、非常に静粛で且つ振動も少ない。従って、静粛で且つ高精度の動きが要求される、例えば介護ロボット等の関節機構として好適である。また、各関節とも同様な関節回転伝動機構部を採用しているので、各回転関節の減速比は、単にギア比を変えるのみで容易に種々の組合せができ、例えば、ベース側に近い関節部は遅くしてエンドエフェクタに近い部分の関節部を早くするように適宜容易に組み合わせることができる。

【0030】また、モータはブレーキ付きモータであるので、特別なアクチュエータを設けなくても、回転位置を強く保持することができ、大きな負荷を所定位置に確実に保持し続けることができ安全である。例えば、停電等によりモータの回転が停止すると自動的にブレーキ作動するので、その位置を保持することができ安全であると共に、従来のようにアクチュエータを作動させて制動状態を維持する必要がなくて省エネルギーを図ることができる。また、本実施形態のオフセット回転関節の大きな特徴点として、前記のように関節を含めロボットアームを基部からエンドエフェクタまで中空に貫通することができ、且つ回転摺動面を完全にシールしてあるので、アーム内部の中空部を外部と完全に遮断することができることである。

【0031】図3は、本発明のオフセット回転関節の他の実施形態を示す。前記実施形態と同様な部材には、同様な符号を付し、相違点のみ説明する。本実施形態では、モータ50から関節回転伝動機構部の伝動機構として、タイミングベルトによるベルト伝動機構を採用してある。即ち、モータの出力軸51に歯付きプリー52を固定し、円筒軸21の下端に固定したプリー53との間にタイミングベルト54を懸け渡して、回転力を伝動す

るようになっている。従って、その場合は、プリー53をプリー52より径大にすることによって直径比に応じて減速することができ、小型のモータで大きなトルクを発生させることができる。しかも、タイミングベルトによる伝動であるからスベリやバックラッシュも殆どなく、正確に且つ静かに伝動することができる。

【0032】なお、本実施例では、駆動側アームは先端部まで連続しており、その先端開口部に取り付けられる関節回転伝動機構部のステータハウジング55に、固定されたモータ取付けハウジング56にモータ組立体57が固定されている。従って、モータ軸は関節回転伝動機構部の円筒軸21の軸線と平行して取り付けである。本実施形態では、モータ組立体は2個以上（図では2個）のモータを軸連結して同期させて運転させることができるようにしてあり、1個のモータのみでトルクが不足する場合、モータを連結することによって、小型モータのみで大きなトルクを得ることができる。なお、58は原点位置検出センサーである。

【0033】次に、本発明の多関節ロボットの制御方法の実施形態を上記のオフセット回転関節を用いた多関節ロボットについて説明する。図4は本発明の多関節ロボットの制御方法の基本的構成を示すブロック線図である。本実施形態のロボットシステムは、作業計画系A、マニピュレータ系（アーム、関節、エンドエフェクタ、及びこれらを直接コントロールする制御部を含む駆動作業部を指す）B、画像認識系Cで構成されている。

【0034】作業計画系Aは、各種データベース70、作業計画手段71、軌道生成手段72、又必要に応じてリモート教示用又は手動操作用としてジョイスティック又はキーボード等の手動制御入力機器73から構成されている。各種データベース70にはロボットに必要な作業を行わせるための作業計画に必要なあらゆる情報・データを決定して入力しておく。作業計画に必要な情報・データとしては、多関節ロボット本体の形態情報（例えば各関節の機能構成、エンドエフェクタの機能構成等）、多関節ロボット本体の設置情報（多関節ロボット本体と画像認識用カメラと対象物等の固定位置座標、多関節ロボットの動作範囲等）、多関節ロボットの操作方法（手動操作モード、プログラム操作モード、自動操作モード等の決定情報）がある。そして、後述する予めブロック教示されたブロック毎のブロック領域データも格納しておく。また、各種の作業対象物の形状等をデータベース化した対象物形状データベース、組立法、加工法等の各種基本作業内容をデータベース化した各種作業データベースをROM化しておくことによって、種々の形状の対象物に種々の作業をデータベースから呼び出して行うことができる。

【0035】作業計画手段71は、多関節ロボットに作業を行わせるための位置、姿勢情報、順序、作業条件情報等を教示するものであり、予め各種データベースにR

10

20

30

40

50

OM化されている情報や、画像認識系からの情報、又は外部入力から情報を組み合わせて作業計画を立て、軌道生成部 72 に教示する。軌道生成手段 72 は、教示された作業内容を実行するための指示経路に沿って多関節ロボットを動かすための、各関節のモータやエンドエフェクタの制御量を計算し、マニピュレータ系 C に指令する。本実施形態では、軌道生成手段からの指令として、手先力／トルク指令、手先角度指令、手先位置指令、カメラ視界指令がある。

【0036】マニピュレータ系 B は、軌道生成手段 72 からの手先トルク指令に応じて各関節の関節トルクを決定する関節トルク分配手段 75、手先角や手先位置指令に基づいて各関節の関節角度を計算する関節角度計算手段 76、及び各関節 79 に設けられたサーボモータ 80、回転速度計 81、エンコーダ 82 等からなる関節単位手段、及びエンドエフェクタ 86 に設けられた力／トルクセンサ 87、角度センサ 88、重力センサ 89 等から構成されている。各関節には、後述する図 6 に示す、通信インターフェース、前記関節トルク分配手段 75 及び関節角度計算手段 76 を兼ね、コマンドの実行と報告を行う CPU、及び関節データベースも備えている。

【0037】関節トルク分配手段 75 には、予めデータベースに ROM 化されている各関節のアーム長さ、オフセット角、回転角速度定数、サーボモータの諸定数、減速比、回転速度計の定数、エンコーダの定数、角度及び速度の制御定数等、各関節固有のデータに基づく関節トルクの分配則が ROM 化されており、該分配則に基づき軌道生成部から送られてくるある一定時刻手先力／トルク指令を実現するための、各関節の速度制御量が決定され、各関節に並列に送られる。同様に関節角度計算手段 76 では、軌道生成手段からの手先角度指令、手先位置指令を実現するための、各関節の角度が計算され、各関節に角度制御量として各関節に並列に送られる。

【0038】各関節では、関節トルク分配手段からの速度制御量に基づき、速度制御手段 85 から速度制御信号（電流制御）がサーボアンプ 84 を介してサーボモータ 80 に送られ、通常は各関節のサーボモータが並列的に同時に回転駆動される。モータの回転速度は、回転速度計 81 で検出され、その検出結果は速度制御手段にフィードバックされ、目標値に達するように制御される。また、同様に関節角度計算手段 76 から角度制御量に基づき、各関節の角度制御手段からの角度制御信号がサーボアンプ 84 に送られ、前記速度制御信号と合わされてサーボモータ 80 を駆動する。モータの回転角度は逐次エンコーダ 82 によって検出され、角度制御手段 85 にフィードバックされ、目標値に達するように制御される。

【0039】各関節のサーボモータの回転による各アームの運動が複合されてエンドエフェクタ 86 が移動するが、エンドエフェクタ 86 の動きはそれに設けられている力／トルクセンサ 87、角度センサ 88、重力センサ

89 で検出されて、関節トルク分配手段 75、及び関節角度計算手段 76 にフィードバックされ、その動きが目標とするトルク、角度、位置を得るまで以上の制御が繰り返される。手先の位置と角度が所定の値に達したらその作業を終了し、次の作業に移る。そのとき、新たな手先の位置及びその付近の状況を関節カメラ及び台座カメラにより画像検出され、次の作業に備えられる。

【0040】画像認識系 C は、台座カメラ 90、関節カメラ（図 4 には図示してない）、軌道生成手段 72 の指令をもとにカメラを制御するカメラ角度／ズーム制御等のカメラ制御発生手段 91、カメラ画像から目標の形状を抽出する目標の形状抽出手段 92、目標物の形状決定手段 93 から構成され、多関節ロボットの各関節信号と各 CCD 画像及び形状データベースとの比較（照合）を基に、多関節ロボットの設置座標に対して 3 次元位置座標を抽出して、目標物の位置決定を行うと共に、形状の大きさを算出する。

【0041】次に、以上のようなシステムからなる本実施形態の多関節ロボットの基本的動作手順を図 5 に示すフローチャートにより説明する。作業が開始されると、各種データベース 70 から多関節アーム、エンドエフェクタ、カメラの初期設定値を呼び出すと共に、多関節アームの構成、エンドエフェクタの構成及びカメラ系の情報を呼出し、多関節アーム、エンドエフェクタ、カメラのそれぞれを初期設定値に設定する。それにより、カメラ視野方向と視野角が初期設定され（ステップ 1）、それに基づきカメラが作業対象物のあたりを写し、画像を信号処理して物体の輪郭形状を抽出する（ステップ 2）。信号処理の方法としては、2 値化あるいは多値化して、物体の輪郭形状を抽出する方法、明るさの同じ程度の隣あった領域を繋げて物体の面を抽出する方法、あるいは、同じ程度の色の隣合った領域を繋げて物体の面を抽出する方法等が採用できる。そして、抽出された形状の中から目標を抽出し（ステップ 3）、抽出された物体の輪郭形状及び面形状を、作業対象物の形状を蓄えているデータベースと照合し、作業対象物の位置と姿勢を推定する（ステップ 4）。そして、作業対象物以外の物体を障害物として、その位置と姿勢を記憶する。

【0042】以上のように、作業対象物及び障害物の位置と姿勢が推定されると該推定信号に基づいて、作業計画手段において作業計画が立案される（ステップ 5）。作業計画は、作業対象物の位置と姿勢が与えられると、データベースに格納されている制御法あるいは予め教示されて実行ファイルに格納されている作業内容（組立、加工、溶接、試験等）等のデータに基づいて手先の終点の位置と姿勢を決める。次いで、軌道生成手段 72 で手先の始点位置と姿勢から終点位置と終点姿勢までの軌道を計算して制御量を得る（ステップ 6）。そのとき、画像情報から得られた障害物を回避するように手先軌道を決め、軌道を生成する。

【0043】軌道生成がなされるとオフセット回転関節及びエンドエフェクタに軌道を生成するために必要な指令として、手先位置指令、手先角度指令、手先力／トルク指令がマニピュレータ系の関節角度計算手段76、関節トルク分配手段75に与えられる（ステップ7）。それらの指令によって、手先が軌道に沿って動き、画像から得られた障害物を画アームが回避するように各関節角度の時系列値を計算する（ステップ8、9）。それに基づき各関節の関節速度制御及び関節角度制御が行われ

（ステップ10、ステップ11）、モータの回転が制御されて関節／エンドエフェクタ軌道に沿って移動する。

【0044】移動が終了すると、手先の力／トルク検出、手先の重力検出を行いステップ8にフィードバックする（ステップ13、14）と共に、手先の角度検出を行いステップ9にフィードバックする（ステップ15）。そして、手先の位置と角度が所定の値になったかを判断し（ステップ16）、所定値になったら動作を終了する。所定値になっていない場合は、ステップ2に戻り同様な制御を繰り返す。その際、関節／エンドエフェクタは移動しているの、それに伴い関節カメラは移動し、移動による新たな画像がステップ2に与えられる（ステップ17）。同様に、移動した結果の画像が、台座カメラからもステップ9に与えられる（ステップ18）。

【0045】以上は、本発明における多関節ロボットの基本的な制御方法であるが、本発明の多関節ロボットは、各関節がオフセット回転関節となっており、各関節がオフセット回転するのみで従来の3次元ロボットでは実現が困難であったエンドエフェクタの3次元空間での自由な向きと位置を選択することができる。しかも各アームの動きの組合せが蛇のようにうねった動きをさせることができ、例えばエンドエフェクタが作業対象物に達するまで複雑経路を経なければならぬ位置（例えば障害物の背後等）にある作業対象物にも作業を行うことが可能である。本発明の多関節ロボットのこの特性を活かして複雑な作業を行うに際して、従来のように、例えば作業点の教示をエンドエフェクタの始点から目標位置までの軌道の教示を行い、その教示された作業点間を多関節ロボットの各関節に配置されたモータの制御量として計算して軌道生成すると、非常に膨大な量の情報を各時刻毎に処理しなければならず、コンピュータの負荷が増大し、応答速度が遅くなる問題点がある。

【0046】そこで、本発明では、上記問題点を解消するために、特に、以下のような作業計画系における①ブロック教示法を採用した新たな作業教示法、及びマニピュレータ系における②各関節と中央コンピュータとのネットワークを構築した。

#### 【0047】①ブロック教示法

エンドエフェクタの可動範囲（動作領域）を大まかな複数のブロックBに分け、エンドエフェクタの作業領域が

存在するブロックまでの軌道をブロック単位で教示してデータベース化しておくブロック教示方法と、エンドエフェクタが狭い範囲で決められた作業を行う場合にその作業内容を作業単位で教示してデータベース化しておく作業ポイント教示方法との両方法を組み合わせることによって、データ処理時間を飛躍的に短縮することを可能にした。

【0048】詳述するとブロック教示方法は、図1に示すように、エンドエフェクタの動作領域を大まかなブロックに区割り（図では、54ブロック）にして、そのブロックに移動するのに必要な各関節の特定の回転角と回転角速度を予め教示しておきデータベース化しておく。各ブロックへの移動経路は無数にあるが、各関節の動きは回転角度のみで規定されるので、例えばあるブロックの基準点にエンドエフェクタが位置する状態での各オフセット回転関節の回転角度の組合せを規定して置けば、ブロックが指定されるとそのブロックにエンドエフェクタが位置するための各関節の条件が瞬時にデータベースから求めることができる。図示の例では、最低限54通りのデータベースを用意しておけば、移動する経路を限定しなければ、エンドエフェクタはどのブロックから目標とするブロックに該データベースを利用して瞬時に作業点が教示され、軌道が生成されることになる。

【0049】また、作業領域がブロック境界域にかかる場合は、接するブロックを選択し、そのブロックの各関節の動作に関するデータベースを呼び出して自動制御する。また、予め作業領域が広域に渡る場合は、複数のブロックを組み合わせる作業を行う方法をとる。ブロックの組み合わせは、横組、縦組、縦横組の方法があり、これらをデータベースから呼び出すことになる。

【0050】エンドエフェクタが作業領域が存在するブロックの基準位置に達してからのブロック内での移動は、従来と同様な作業点の教示及び作業内容の教示を実行ファイルに格納しておき、それを呼び出して行えば良い。あるいは、関節カメラや台座カメラからの画像情報と最適制御則により作業計画を立案して自動操作するか、又はジョイスティック等により手動操作すれば良い。その場合、特定のブロック内での移動だけであるから、動作する関節は少なく少ない演算処理で軌道生成でき、コンピュータの負担が少なく、高速化が可能となる。

【0051】さらに、ブロック内での作業が上記のように決められた作業（例えば、組立法、加工法、溶接法、試験法等）であれば、ブロック毎の作業内容を教示してデータベース化しておけば、該作業領域のブロックに達したらデータベースから呼び出すことによって、瞬時にブロック内の作業内容のための軌道が生成される。ブロック内の狭い範囲での可動する関節は少ないので、データベース化された作業内容教示データは、特定のブロックに限らず、他のブロックでも複写して使用することが



可能であり、従来のロボット制御システムと比較して制御が容易で高速化することができる。さらに、教示内容を関数化することによって、動きを縮小・拡大して適用することができる。

#### 【0052】②各関節のネットワーク化

ネットワークを構築するために、各関節は、図6にブロック線図で示すように、機構系100の外に、関節データベースROM101、起動用ROM102、CPU103、通信インタフェース104を有し、通信機能を備えている。関節データベースROMには、その関節のアーム長さ、オフセット角、回転各速度定数、サーボモータの定数、回転速度計の諸定数、エンコーダの定数、角度及び速度の制御定数等、各関節固有のデータが格納されている。

【0053】そして、本実施形態では各関節信号への信号線として、実質的に全体信号線105と個別信号線106があり、両者を切替使用できるようになってネットワークを構成している。例えば、電源投入時に、通信インタフェースは個別信号線上の上流側からの起動信号によって、自己の関節データベースの内容を全体信号線に送り、この関節が何番目にあるか、どのような関節につながっているかを、制御コンピュータ及び全関節に通知することによって、全体の初期設定が容易となる。また、本発明のオフセット回転関節を採用すれば、ロボット軌道を形成するのに各関節の動き（回転）の組合せは無数にあり、一つの関節の動きがエンドエフェクタの動きに直接連動してないので、前記のように各関節をネットワークを形成することによって、1つの関節が故障しても他の関節で補うことができる。

【0054】ブロック教示の場合、図7に模式的に示すように、各関節を全体通信線を通して関節トルク分配手段、関節各計算手段に個別につながることによって、各関節が直接コマンドの実行と結果の報告を行うことができ、ブロック教示に基づく軌道の実行が可能となる。また、蛇のようなうねった動きをさせる場合は、個別信号線で、隣接する先端側の関節の角度を受け取り、自分の関節角度を隣接する基端側の関節に送る。それにより、全体を制御するコンピュータとの通信がなく、コンピュータの負担が軽くなり、演算速度を高めることができ、複雑な動きをスムーズにさせることができる。

【0055】以上は、単一の多関節ロボットで作業を行う場合について説明したが、上記のロボットを複数台設置して、複数のロボットが共働して作業を行わせることも可能である。

#### 【0056】

【発明の効果】以上のように本発明の多関節ロボット及びその制御方法によれば、次のような格別な効果を奏する。本発明のオフセット回転関節は、従動側リンクがリンク軸線とオフセット回転軸線との交点を頂点として、オフセット角度の円錐回転運動するので、該オフセット

回転関節を複数設けることによって、回転運動のみの簡単な機構で、エンドエフェクタの広可動範囲での精密な三次元位置決めができる。しかも、各関節は、関節内の回転関節伝動機構部が高減速比伝動・トルク増加機構となっているので、小型の駆動モータを採用してより強い回転トルクを伝えることができ、関節を小型軽量に形成することができる。このことは、多連の多関節ロボットにとって非常に有利であり、小型軽量でよりペイロードの高いオフセット回転関節を得ることができ、且つ精密な位置決め制御が可能な高機能な多関節ロボットを得ることができる。

【0057】さらに、モータから前記回転関節伝動機構部への伝動も高減速比伝動・トルク増加機構で伝動することにより、より一層強い回転トルクを伝えることができ、関節を小型軽量に形成することができる。特に、傘歯車を用いた連動機構を採用することにより、オフセット角を有する回転関節であっても、モータ軸線をアーム軸線と一致させて設置することができ、アームの直径を小さくすることができる。

【0058】また、前記モータをエンコーダ及び回転速度計と一体になったブレーキ付きモータを採用することによって、ブレーキ機構を構成する特別なアクチュエータを必要としないので、停電時も電力を消費することなく、そのまま位置を保持することができ、安全性が高いと共に省エネルギーを図ることができる。そして、モータケースがアームの一部を構成するようにユニット化することによって、組立てや保守管理が容易である。

【0059】本発明の多関節ロボットは、オフセット回転関節及び同軸回転関節を含むアーム全体を連続中空筒体に形成できるので、アーム内に可撓性ホース等を設けることによって、直接ロボット本体から種々の物質やエネルギー又は信号等の供給路として使用することができ、しかも該供給路がアーム筒内にあり、直接外部環境に曝されることがなく保護されるから、悪環境での物質供給等が可能となり、一段と多用途に適用できるロボットを得ることができる。

【0060】本発明の多関節ロボットの制御方法によれば、アームが複雑な動きをする多関節ロボットであっても、作業領域が存在するブロックを指定するだけで、複雑な計算を必要とせずに簡単に目標位置までの軌道生成ができ、且つ応答速度が早くスムーズな動きを可能にする。

【0061】また、請求項10の発明によれば、特定作業領域で作業内容をデータベースから呼び出すことによって、瞬時にブロック内の作業内容のための軌道が生成することができる。そして、データベース化された作業内容の教示データは、特定のブロックに限らず、他のブロックでも複写、あるいは動きを縮小・拡大して適用することが可能であり、従来のロボット制御システムと比較して制御が容易で高速化することができる。そして、

請求項11の発明のように、ブロック教示方法と、作業ポイント教示方法との両方法を組み合わせることによって、データ処理時間を飛躍的に短縮することを可能である。

【0062】さらに、請求項12の発明によれば、各関節を並列制御できると共に隣接する関節に中央コントローラを介さずに直接情報を送ることができ、ブロック教示データに基づく軌道生成に基づく実行作業の場合に限らず、アームを蛇のようにうねった動きをさせてエンドエフェクタを複雑な経路で移動させる場合も、全体制御コンピュータの負担を少なくして、演算速度を一段と早めることができる。また、初期設定も容易である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る多関節ロボットの作業状態を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施形態に係る多関節ロボットのオフセット回転関節部を示す一部破断正面図である。

【図3】本発明の他の実施形態に係る多関節ロボットのオフセット回転関節部を示す一部破断正面図である。

【図4】本発明の実施形態に係る多関節ロボット制御方法に基づくブロック線図である。

【図5】その作動を示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施形態に係る多関節ロボット制御方法におけるネットワークを構成する関節部のブロック線図である。

【図7】ネットワーク構成概念図である。

#### 【符号の説明】

- |            |          |
|------------|----------|
| 1 多関節ロボット  | 2 アーム    |
| 3 エンドエフェクタ | 4 カメラ    |
| 5 先端アーム    | 6 駆動側アーム |
| 7 従動側アーム   | 8 モータユニ  |

ット

9 関節回転伝動機構部

11、80 モータ  
ンコーダ

13 スリップリング

16 回転つまみ

傘歯車

20 ステータハウジング

22 貫通孔

車

30 ロータハウジング

部材

37 出力ギア部材  
リング

50 モータ

グベルト

55 ステータハウジング  
立体

58 原点位置検出センサ  
ース

71 作業計画手段  
手段

73 手動制御入力機器  
手段

76 関節角計算手段

81 回転速度計

ンプ

100 機構系

タベースROM

103 CPU

ターフェース

10 モータケー

12、82 エ

15 貫通孔

17 (外歯)

21 円筒軸

24 内歯傘歯

32 入力ギア

40 スリップ

54 タイミン

57 モータ組

70 データベ

72 軌道生成

75 関節分配

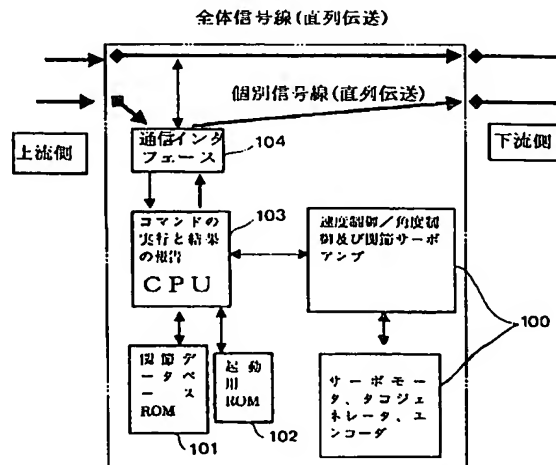
79 関節

84 サーボア

101 関節デー

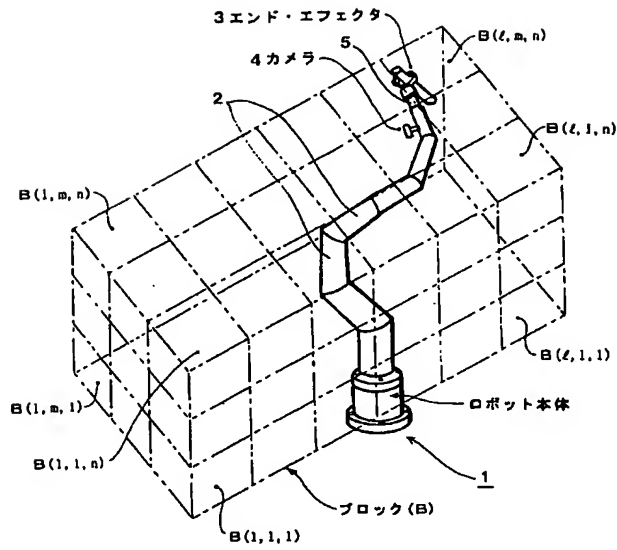
104 通信イン

【図6】

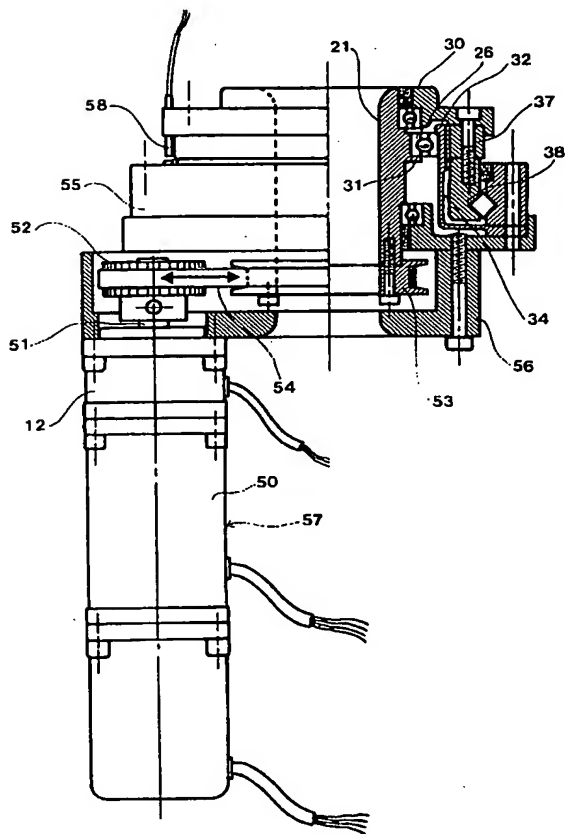




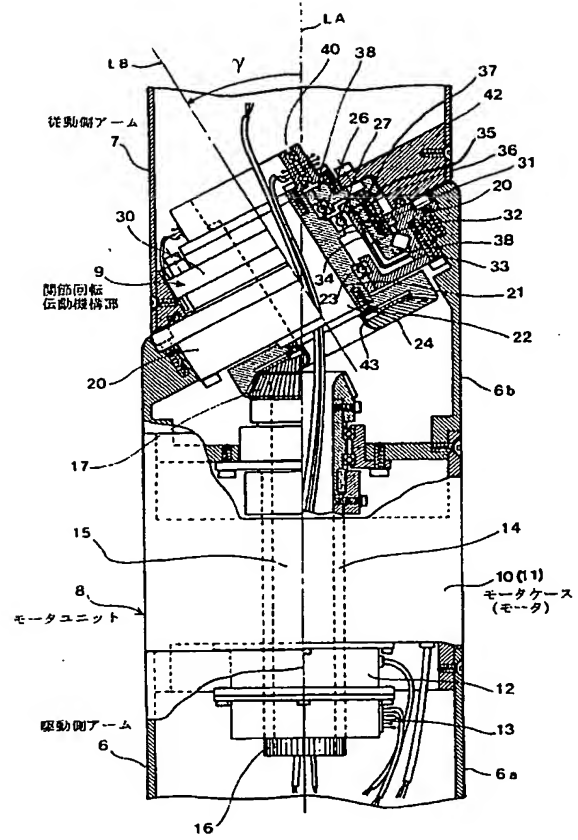
【図1】



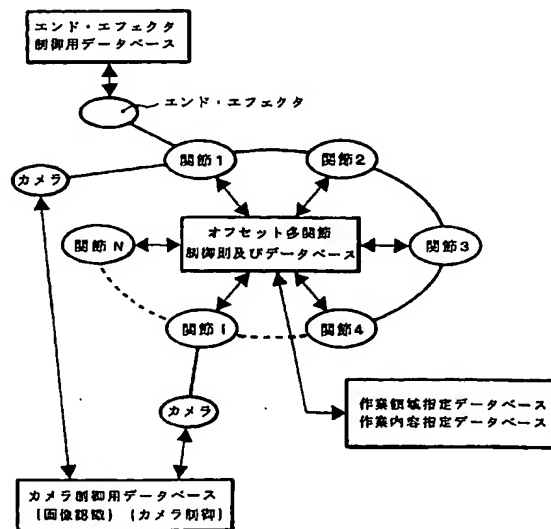
【図3】



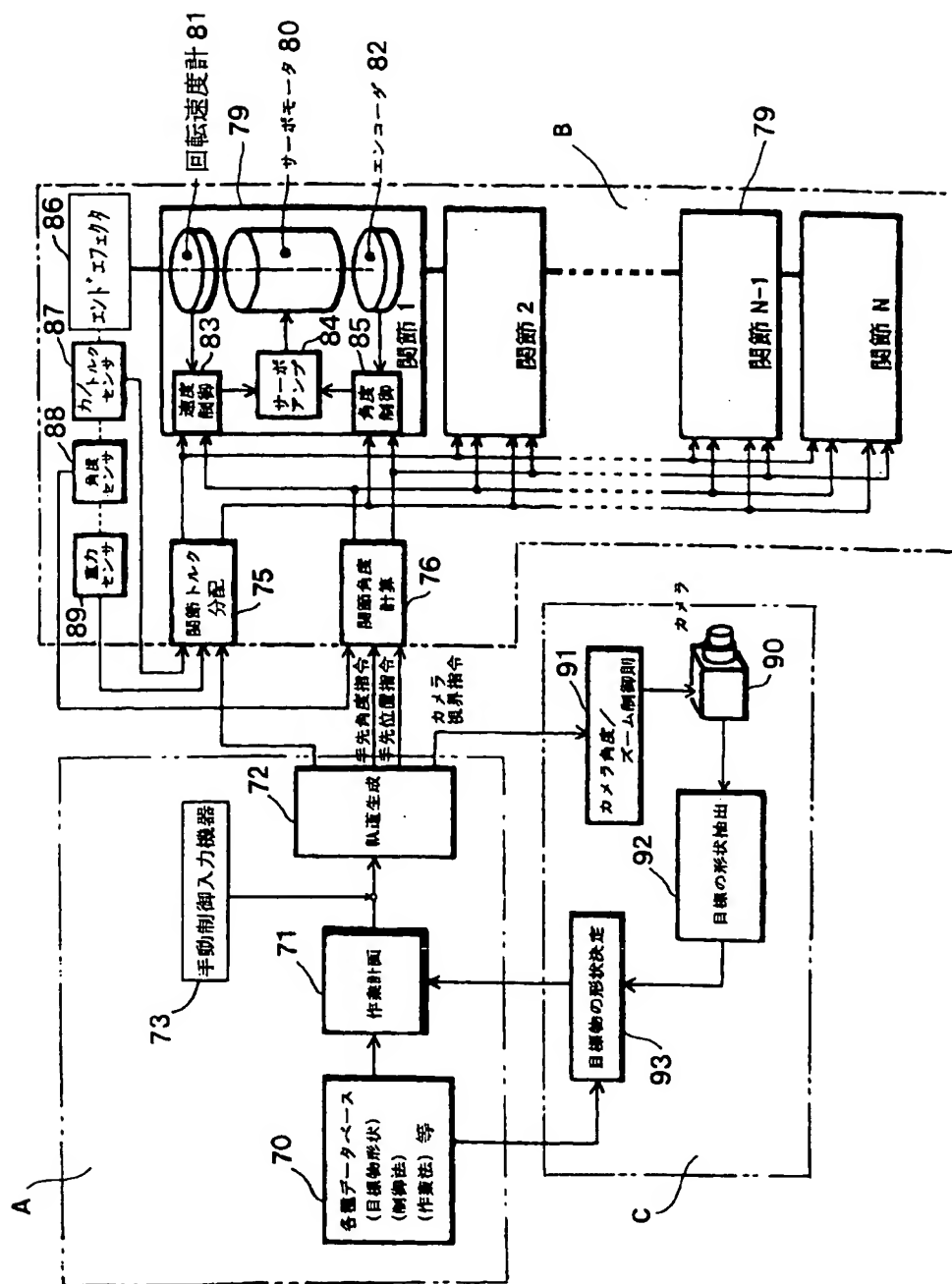
【図2】



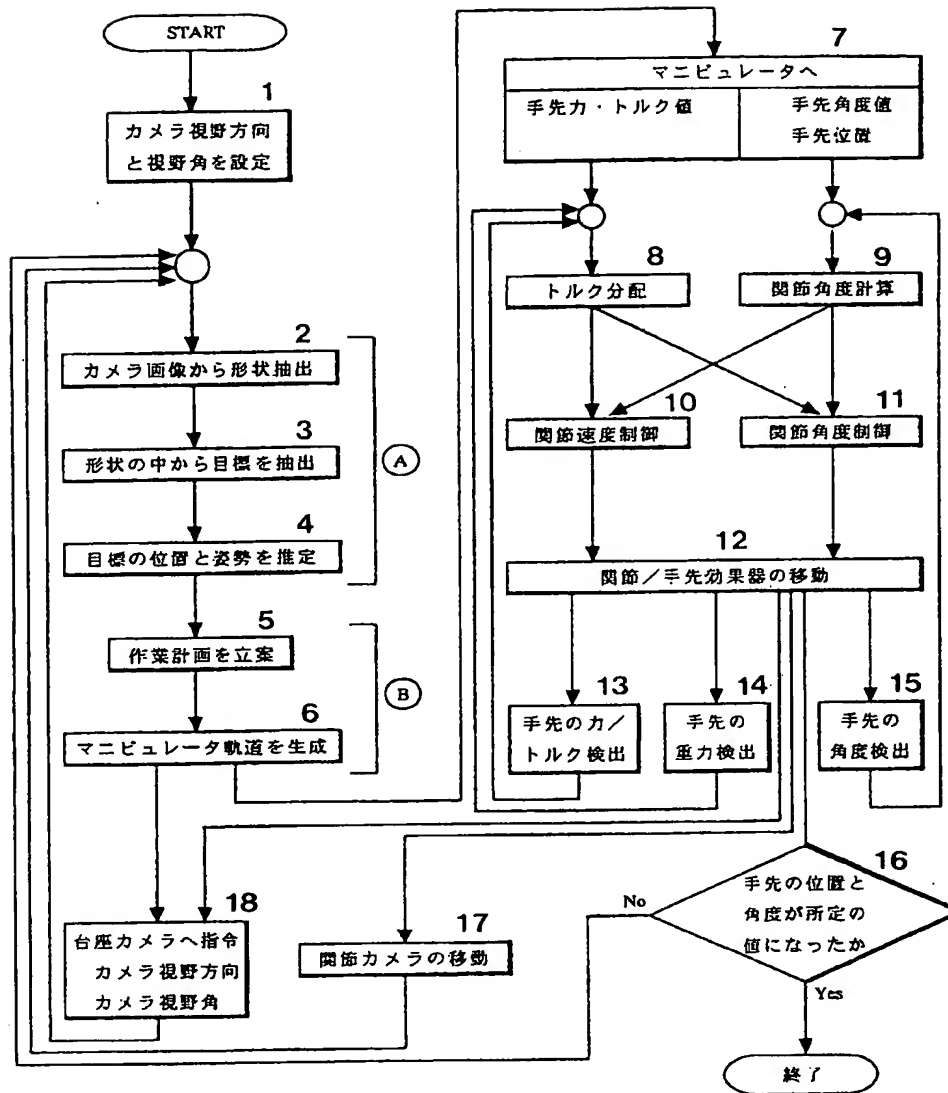
【図7】



【図4】



【図5】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年2月22日（2001. 2. 22）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 駆動側アームと従動側アームがアーム軸線に対して傾斜したオフセット回転軸線回りに回転駆動

されるオフセット回転関節を少なくとも複数個有する多関節ロボットにおいて、駆動側アーム又は従動側アームの何れか一方のアーム先端にモータで回転駆動される中空回転軸を所定のオフセット角度で傾斜して回転自在に設け、他方のアーム基端に前記中空軸から回転力を伝動されるロータ部材が固定され、前記中空回転軸と前記ロータ部材が高減速比伝動・トルク増加機構となっており、前記モータがエンコーダ及び回転速度計と一体となったブレーキ付きモータであることを特徴とする多関節ロボット。

【請求項2】 前記高減速比伝動機構が、外周面にカム面が形成された前記中空軸、内周面が前記中空軸のカム面と係合するカム作動面で外周面が歯面となつて弾性変形可能に固定されてなる入力ギア部材、該入力ギア部材よりも歯数が僅かに多くなつてゐる出力ギア部材からなり、該出力ギア部材が前記ロータ部材なつてゐる請求項1記載の多関節ロボット。

【請求項3】 前記モータはその回転軸線がアーム軸線と一致又は平行となるように配置され、該モータから中空回転軸への回転力は、モータの出力軸に固定された外歯傘歯車と、前記中空回転軸の基端に固定された内歯傘歯車との噛み合いからなる傘歯車伝動機構により伝動されてなる請求項1又は2記載の多関節ロボット。

【請求項4】 前記モータのケースがアームの一部となつてゐる請求項3記載の多関節ロボット。

【請求項5】 前記モータから中空回転軸への回転力は、モータの出力軸に固定されたプーリ、前記中空回転軸の基端に固定されたプーリ、該プーリと前記プーリ間に懸け渡されたタイミングベルトとからなるベルト伝動機構により伝動されてなる請求項1又は2記載の多関節ロボット。

【請求項6】 前記モータ軸の出力側と反対側軸端を突出させて突出部に手動回転調整部を設けてある請求項1～5何れか記載の多関節ロボット。

【請求項7】 多関節ロボットの制御方法であつて、エンドエフェクタの動作領域を複数のブロックに区割りして、所定のブロックに移動するに必要な各関節の動作条件をブロック領域データとしてブロック毎にデータベース化しておき、予め作業領域のブロックを選択すると前記データベースより呼び出されたブロック領域データにより各関節の動作条件が決定されることを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【請求項8】 各関節は、前記データベースから与えられるブロック領域データと現在の動作状況とを比較し

て、前記ブロック領域データを満たすように各関節毎に独立してモータ制御を行うようにしてなる請求項7記載の多関節ロボットの制御方法。

【請求項9】 多関節ロボットの制御方法であつて、所定ブロック領域内での作業ポイントの教示を作業ポイントデータとしてデータベース化しておき、エンドエフェクタが該ブロック領域に達したら、前記データベースからブロック内作業ポイントデータと呼び出して各関節の動作を決定するようにしたことを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【請求項10】 多関節ロボットの制御方法であつて、エンドエフェクタの動作領域を複数のブロックに区割りして、所定のブロックに移動するに必要な各関節の動作条件をブロック領域データとしてブロック毎にデータベース化しておくと共に、所定ブロック領域内での作業ポイントの教示をブロック内作業ポイントデータとしてデータベース化しておき、予め作業領域のブロックを選択すると前記データベースより呼び出されたブロック領域データにより各関節の動作条件が決定され、該条件を満たすように前記関節が駆動されることによって所定作業ブロックに移動し、エンドエフェクタが前記選択されたブロックの基準点まに達したら、前記ブロック内作業ポイントデータと呼び出して各関節の動作を決定することを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【請求項11】 多関節ロボットの制御方法であつて、各関節が演算処理装置と関節データベース及び通信インターフェースを有し、ロボット全体の動きを制御する中央コントローラと各関節が独立して接続されていると共に各関節制御装置間も直接データをやり取りできるようにネットワークを構成し、各関節を並列制御できると共に隣接する関節に中央コントローラを介さずに直接情報を送ることができるようにしたことを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

フロントページの続き

(72)発明者 山口 功

埼玉県所沢市並木2-2-3-705

Fターム(参考) 3F059 BA05 DA02 DA03 DA09 DB04  
DE01 FB05 GA00  
3F060 BA03 CA00 GA13 GB02 GB24  
GB25 GB26 GC00 GC01 GC03  
GD07 GD14 HA00 HA02 HA03  
HA05  
5H269 AB33 BB01 BB05 BB19 CC09  
EE03 EE11 GC02 JJ02 JJ09  
JJ12 JJ20 KK03 NN07 NN18  
QC01 QC02 QC10